



**João Miguel Teodoro
Grãos Duros**

O POTENCIAL DA IOT NAS AUTARQUIAS LOCAIS

O caso da recolha de RSU em Setúbal

Trabalho de Projeto submetido como requisito parcial
para obtenção do grau de
Mestre em Gestão de Sistemas de Informação

Júri

*Doutor José Gaivéo, Escola Superior de Ciências
Empresariais*

*Doutor Pedro Anunciação, Escola Superior de Ciências
Empresariais*

Doutor Alexandre Freire, Câmara Municipal de Setúbal

Outubro/2018

Technology is the solution,

but what is the problem?

Autor desconhecido

Dedico este trabalho ao meu Pai

Agradecimentos

Esta viagem que agora termina ficou marcada por inúmeros acontecimentos e todos eles enriquecem a etapa, mesmo os menos positivos. O caminho nem sempre é plano e assim como as nossas vidas, temos altos e baixos. Desistir não é uma opção e há que ser persistente, sempre que acreditamos que é o rumo certo. É nestes dias, em que nem nós próprios acreditamos no caminho tortuoso que temos pela frente, que nos deparamos com pessoas que nos apoiam e nos dão o alento necessário a continuar a lutar pelos objetivos.

Quero prestar os meus agradecimentos a todos os docentes, mas um reconhecimento especial ao meu orientador, o Professor Doutor Pedro Anunciação, não só pelo apoio, mas também pela orientação, disponibilidade, confiança e perseverança em me manter no sentido certo.

Aos colegas da Câmara Municipal de Setúbal que de alguma forma cooperaram nesta investigação direta ou indiretamente e me proporcionaram as condições à realização deste projeto, no qual destaco os colegas do Departamento de Ambiente e Atividades Económicas.

Aos colegas de mestrado da Escola Superior de Ciências Empresariais, que tanto durante as aulas como durante a dissertação ajudaram a manter a mente aberta a outros pontos de vista e incentivaram a continuar.

A nível pessoal, quero agradecer à minha família, nomeadamente à minha esposa pela paciência, tempo e apoio incondicional na realização de mais uma etapa. E claro, à minha filha, que veio colorir a vida com cores que pensava não existirem, com a certeza que vou compensá-la das horas de atenção e brincadeira que lhe devo.

Por fim, o meu sentido e profundo agradecimento a todas as pessoas que de alguma forma apoiaram e ajudaram a atingir mais um objetivo da minha vida pessoal e académica.

Índice

Agradecimentos	iv
Índice de Tabelas	vi
Índice de Gráficos	vii
Índice de Figuras	viii
Índice de Fórmulas	ix
Lista de Siglas e Abreviaturas	x
Resumo	xi
Abstract	xiii
1 Introdução	1
2 Enquadramento Teórico	4
3 Metodologia	9
3.1 Objetivos do Estudo	9
3.2 Fundamentação metodológica	9
3.3 Escolha da Organização	10
3.4 Limitações	11
3.4.1 Contentores de retenção	11
3.4.2 Viaturas	11
4 A Organização	13
4.1 Caracterização da Organização	13
5 Projeto	16
5.1 Arquitetura Técnica	16
5.1.1 Componentes	17
5.1.2 Ligação e calibração	22
5.1.3 Demonstração	23
5.2 Análise do Investimento	24
5.2.1 Custos de Investimento	26
5.2.2 Custos com Recursos Humanos	30
5.2.3 Custos com combustível	32
5.3 Redução de Custos	36
5.3.1 Fluxo de Caixa e <i>Payback</i>	43
6 Conclusão	48
7 Perspetivas de Trabalho Futuro	50
8 Bibliografia	52
9 Apêndices	57
9.1 Apêndice 1 – Fluxograma de Funcionamento	58
10 Anexos	59
10.1 Anexo 1 – Ficha Técnica – ESP32	60
10.2 Anexo 2 - Ficha Técnica – SR04T	61
10.3 Anexo 3 - Ficha Técnica – Cisco Wireless Gateway for LoRaWAN Data Sheet	62
10.4 Anexo 4 - Ficha Técnica – Cisco Outdoor 5dBi Omni Antenna	63
10.5 Anexo 5 – Política Ambiental da Câmara Municipal de Setúbal	64

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Relação de dados do ficheiro enviado à ERSAR.....	10
Tabela 2 - Afetação de colaboradores por grupo profissional	14
Tabela 3 - Configurações do software Arduino IDE.....	19
Tabela 4 - Esquema de ligação entre módulo ESP32, sensor SR04T e baterias	22
Tabela 5 – Lista de componentes do dispositivo.....	27
Tabela 6 - Lista dos componentes de receção de comunicações	28
Tabela 7 - Custos de investimento com RH.....	29
Tabela 8 - Equipamentos para as viaturas de recolha.....	30
Tabela 9 - Resumo do Investimento	30
Tabela 10 - Feriados do calendário do ano de 2016	31
Tabela 11 - Resumo de gastos mensais por colaborador.....	32
Tabela 12 - Relação de viaturas.....	33
Tabela 13 - Relação de viaturas com indicação dos kms/dia e paragens/dia	35
Tabela 14 - Combustível gasto/paragem e custo/paragem	36
Tabela 15 - Pontos de recolha com previsão de redução	38
Tabela 16 - Poupança por viatura	39
Tabela 17 - Previsão de redução financeira em RH.....	40
Tabela 18 - Poupança total prevista	42
Tabela 19 - Fluxos de caixa previstos	44
Tabela 20 - Fluxo de caixa e payback para redução de 10% nas paragens	45
Tabela 21 - Fluxo de caixa e payback para redução de 20% nas paragens	46
Tabela 22 - Fluxo de caixa e payback para redução de 30% nas paragens	47

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Variabilidade da utilização das viaturas	25
Gráfico 2 - Dispersão diária da utilização das viaturas.....	25
Gráfico 3 - Relação de custos RH/Combustível	26
Gráfico 4 - Previsão de Poupança Anual em Combustível	39
Gráfico 5 - Redução de Custos - Combustível	40
Gráfico 6 - Previsão de Poupança Anual em RH.....	41
Gráfico 7 - Redução de Custos - RH.....	41
Gráfico 8 - Redução de Custos Global	43

Índice de Figuras

Figura 1 - Arquitetura simplificada do IoT e SmartCities [adaptado de (Rhee, 2016)]	8
Figura 2 - Arquitetura de Comunicações.....	17
Figura 3 - ESP32 - Módulo IoT	18
Figura 4 - SR-04T - Medidor de distância ultrassônico.....	19
Figura 5 - Envio de ultrassons.....	20
Figura 6 - Devolução de ultrassons (echo)	20
Figura 7 - Caixa estanque 80x80mm (marca Legrand).....	21
Figura 8 - Bateria recarregável tipo 18650 de 3.7v	21
Figura 9 - Mapa de cobertura das antenas Lora.....	28

Índice de Fórmulas

Fórmula 1 - Cálculo da distância (Arduino, 2018)	23
Fórmula 2 - Cálculo da eficiência das viaturas	33
Fórmula 3 - Cálculo dos quilómetros por noite de uma viatura	34
Fórmula 4 - Cálculo das paragens por noite por viatura	34
Fórmula 5 - Cálculo do combustível gasto entre paragens	35
Fórmula 6 - Cálculo das paragens por noite por viatura	36
Fórmula 7 - Cálculo da poupança por viatura	38

Lista de Siglas e Abreviaturas

AP – Access point

API – Application Programming Interface

DAAE – Departamento de Ambiente e Atividades Económicas

DAFRH - Departamento de Administração Geral, Finanças e Recursos Humanos

DCED – Departamento de Cultura, Educação, Desporto, Juventude e Inclusão Social

DOM – Departamento de Obras

DURB – Departamento de Urbanismo

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, I.P.

GND - Ground

GPIO – General Purpose Input/Output

IdC – Internet das Coisas

IoT – Internet of Things

IP – Instituto Público

LoraWan – long Range Wide Area Network

OLED – Organic Light-Emitting Diode

RH – Recursos Humanos

ROM – Read Only Memory

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SC – Smart City(ies)

SLU – Setor de Limpeza Urbana

SMAFE – Setor de Manutenção e Ferramentaria

SoC – System on a Chip

SRE – Setor de Recolhas Especiais

SRSU – Setor de Recolha de Resíduos Sólidos Urbanos

SSALU – Setor de Salubridade

V – Volt

Vcc - Voltage at the common collector

Resumo

A chegada de novas tecnologias pode mudar toda uma forma de executar atividades ou processos, tornando-os mais eficientes, mais baratos e sustentáveis. A *Internet of Things* ou Internet das Coisas (em português), veio revolucionar a forma como ligamos simples objetos à internet podendo assim efetuar comunicações bilaterais com os mesmos. Neste preciso momento, as mais variadas marcas estão a adaptar os seus produtos a esta nova realidade, quer seja com o objetivo de se tornarem mais competitivos ou como seguidores dos mais inovadores.

No âmbito dos governos e dos serviços públicos, mais precisamente das câmaras municipais, o objetivo destas organizações é servir as populações e prestar-lhes o melhor serviço possível, tendo em conta a limitação de recursos, sejam eles financeiros, humanos ou materiais. Na realidade, o grande desafio é a gestão dos recursos limitados existentes conseguindo um patamar de eficiência que permita consolidar as necessidades aos recursos disponíveis e, em situações mais extremas, conseguir uma redução de custos.

Para este projeto e de entre as várias áreas em que é possível idealizar projetos de *IoT* a desenvolver numa Câmara Municipal, foi escolhida a área do ambiente, mais precisamente a recolha dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). A escolha desta atividade recai principalmente devido à alta visibilidade e importância junto das populações, mas também porque a mesma é regida pelo princípio do utilizador-pagador em que o município paga pelos resíduos que produz. Caso seja possível uma redução de custos, as populações serão as principais beneficiadas.

O projeto em estudo possui duas fases distintas: uma primeira que consiste na elaboração de um protótipo de verificação do funcionamento técnico e uma segunda fase que compreende o estudo do impacto económico e financeiro da aplicação do protótipo na recolha dos resíduos sólidos urbanos.

A primeira fase descreve sucintamente em que consiste o protótipo construído, nomeadamente os seus componentes, o funcionamento dos mesmos e a forma de montagem.

A segunda fase analisa detalhadamente os custos envolvidos na atividade de recolha de RSU, o investimento necessário ao desenvolvimento do projeto e é investigada uma possível redução de custos perante três cenários distintos de redução de parâmetros nas rotas de recolha de RSU.

A redução de custos proposta assenta na utilização do protótipo descrito na primeira fase com base na *IoT* que, uma vez instalado em cada contentor de recolha de RSU, efetua uma leitura

volumétrica, indicando um valor de preenchimento. Ao efetuar leituras diárias a cada contentor permite saber quais os contentores que não necessitam de recolha, informando o motorista da viatura de recolha que hoje a sua rota terá menos pontos de recolha que o habitual ou até mesmo uma nova rota, otimizando a recolha dos RSU e atingindo uma redução de custos operacionais.

A análise financeira efetuada envolve os custos de implementação do dispositivo em cada um dos contentores, os custos diretos dos recursos humanos afetos apenas à recolha dos RSU e os custos operacionais das viaturas, assim como a poupança conseguida. Considerando os custos de implementação como um investimento, o estudo conclui que o *payback* do projeto é inferior a 22 meses em qualquer dos cenários analisados.

Perante esta avaliação, podemos considerar que este é um projeto certamente a desenvolver, podendo dar início à transformação de uma cidade num laboratório de criação de uma *smart city*, utilizando o *know-how* técnico existente na Câmara Municipal e a visão estratégica para o futuro da cidade.

Palavras chave: Administração Pública, Câmara Municipal de Setúbal, RSU, SmartCity, ESP32

Abstract

The arrival of new technologies can change a whole way of executing activities or processes, making them more efficient, cheaper and sustainable. The Internet of Things, has revolutionized the way we link simple objects to the Internet with the ability to make making bilateral communications. At this very moment, the most varied brands are adapting their products to this new reality, whether with the goal of becoming more competitive or as followers of the most innovative companies.

By creating these products, companies want to reach a wide range of stakeholders, from manufacturers to developers, always having sales as their primary goal. Throughout the life cycle of a product, it has several target audiences, starting in large companies (and in some government), and only afterwards the common end consumers, mainly due to the high sale price of the products at its launch, not all stakeholders have the financial capacity to invest in new technologies.

In the context of governments and public services, specifically municipal councils, the objectives of these organizations are always to serve the population and provide them with the best possible service, considering the limited resources, be they financial, human or material. The great challenge is to manage the existing limited resources and achieve a level of efficiency that allows to consolidate the needs to available resources and in extreme situations, to achieve a reduction of costs.

For this project and among the various areas in which it is possible to design *IoT* projects to be developed in a City Hall, the chosen area was the environment, more specifically the collection of Municipal Solid Waste (MSW). The choice of this activity is mainly due to the high visibility and importance to the populations, but also because it is governed by the user-pays principle in which the citizen pays for the waste that he produces. If it is possible to reduce costs, populations will be the main beneficiaries.

The project under study has two distinct phases: a first one consisting of the elaboration of a prototype of verification of the technical operation and a second phase that includes the study of the economic and financial impact of the application of the prototype in the collection of municipal solid waste.

The first phase briefly describes the prototype designed, namely its components, their operation and the form of assembly.

The second phase analyses in detail all the costs involved in the MSW collection activity, with a special focus on direct costs (fuel and human resources), and a possible reduction of costs is investigated in the face of three distinct scenarios for the reduction of stops on MSW collection routes.

The proposed cost reduction is based on the use of the prototype described in the first stage based on *IoT*, which once installed in each MSW collection container, can do volumetric reading, indicating a fill value. When doing daily readings to each container, it is possible to know which containers do not need to be collected, informing the driver of the vehicle that today his route will have fewer collection points than usual or even a new route, optimizing the collection of MSW and reaching a reduction in operating costs.

The analysis involves the costs of implementing the device in each of the containers, the direct costs of the human resources concerned only to the collection of MSW and the operating costs of the vehicles, as well as the savings achieved. Considering the implementation costs as an investment, the study concludes that the project payback point is less than 22 months in any of the scenarios analysed.

Given this evaluation, we can consider that this is a project certainly to be developed and can start the transformation of a city into a laboratory to create a smart city, using the technical know-how existing in the organization and the strategic vision for the future of a city.

keywords: public administration, city hall, Setúbal, MSW, SmartCity, ESP32

1 Introdução

Os governos de administração local, habitualmente conhecidos por câmaras municipais e juntas de freguesia, vêm na *Internet of Things (IoT)* uma oportunidade única: resolver problemas do dia-a-dia com recurso a tecnologia de ponta, podendo dissipar inúmeros problemas de toda uma comunidade ou em casos extremos, de uma cidade inteira. Na verdade, a resolução dos problemas mais comuns de uma cidade com recurso a tecnologia e à *IoT* podiam ser um grande capítulo do manual sobre a (re)construção de uma *Smart City*.

No processo de construção ou reconstrução de uma cidade para a tornar mais inteligente, não é possível aplicar em bloco um conjunto de medidas pré-concebidas, até porque uma solução para uma cidade na Índia dificilmente poderá ser aplicada em Portugal com o mesmo nível de sucesso, uma vez que existem diferenças de origens culturais, geográficas ou até mesmo políticas, sendo que cada projeto ou ideia tem de ser adaptada devido aos constrangimentos existentes.

Um desses problemas é a recolha dos resíduos sólidos urbanos (RSU), vulgarmente designados por “lixo”. A responsabilidade da recolha dos RSU, em regra, compete às autarquias locais, sendo que por todo o país existem municípios que descentralizaram nas juntas de freguesia ou concessionaram esta atividade a empresas privadas. Seja uma atividade da própria autarquia local ou que esta a tenha concessionada, a atividade tem custos altos de funcionamento e indexados à população existente nas cidades.

No âmbito da recolha dos RSU em Portugal, nos últimos 5 anos, tem-se intensificado a criação de normas por parte da ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, I.P. que corrigem procedimentos das entidades gestoras, com o objetivo de otimizar os serviços de recolha. Uma dessas medidas está vigente no Regulamento Tarifário do Serviço de Gestão de Resíduos Urbanos, aprovado por esse organismo através da Deliberação n.º 928/2014, de 31 de março de 2014 e publicada em Diário da República, 2ª Série, n.º 74 de 15 de abril de 2014, em que as entidades gestoras de sistemas de gestão de resíduos urbanos em titularidade municipal, em modelo de gestão direta, dispõem de um prazo de 5 anos para garantir o cumprimento das regras constantes nesse regulamento, devendo ser respeitada a estrutura tarifária proposta e garantida uma trajetória de convergência tarifária, no sentido de alcançar a sustentabilidade económica e financeira dos serviços. Ou seja, os custos inerentes à recolha dos RSU não devem ser pagos pelas autarquias, mas sim pelos munícipes, sendo taxados para o efeito com um imposto direto proporcional ao consumo de água.

Neste sentido, o Município de Setúbal, a organização visada neste projeto, aprovou através da Proposta n.º 18/2014/DAAE/DIHU, de 17 de dezembro, uma revisão tarifária com o intuito de assegurar de forma faseada a sustentabilidade económico-financeira do sistema de gestão de resíduos, indo ao encontro do disposto no regulamento da ERSAR. Desde então, o Município de Setúbal procede à elaboração anual de um documento intitulado “Proposta de Sistema Tarifário de Gestão de Resíduos Urbanos” com base nos pressupostos do referido regulamento.

Em 2016, a recolha de RSU na cidade de Setúbal era efetuada por duas entidades diferentes, o Município de Setúbal e uma empresa concessionária, a EGEO – Gestão Global de Resíduos, Lda., sendo a primeira a entidade com responsabilidade primária pela atividade.

A parceria entre o Município de Setúbal e a empresa privada EGEO surge da necessidade de melhorar os serviços de recolha de RSU no início da década de 2000 devido à escassez de recursos internos do município para esta atividade. Em 2011, foi iniciado um procedimento interno do município que visava a transferência de algumas rotas de recolha de RSU da empresa privada para o município, com o objetivo de otimizar rotas e reduzir custos operativos desta atividade. No ano em análise, os veículos da empresa concessionária efetuaram 38% dos quilómetros e as viaturas do Município efetuaram 62% dos quilómetros totais em referência, uma clara evidência da capacidade crescente do Município.

Segundo o Relatório de Gestão do Município de Setúbal, em 2016, foram assumidos compromissos financeiros no valor de 4 516 832,70 € na rubrica dos Resíduos Sólidos. São quatro milhões, quinhentos e dezasseis mil, oitocentos e trinta e dois euros e setenta cêntimos, uma verba que segundo o regulamento da ERSAR deverá ser pago pelos munícipes e empresas de Setúbal e Azeitão por conta da recolha dos RSU. Torna-se importante para o Município procurar formas de reduzir os custos da atividade para proporcionalmente reduzir os custos em impostos atribuídos aos habitantes de Setúbal e Azeitão.

Uma grande fatia dos custos desta atividade advém diretamente da operacionalidade da mesma, nomeadamente dos custos de combustível e dos recursos humanos envolvidos. Desta forma o problema torna-se mais explícito: como reduzir os custos de combustível e recursos humanos?

A resposta fácil seria a redução das viaturas com o aumento do tempo de trabalho diário das mesmas em turnos. No entanto, pela análise à tonelagem de RSU produzida pelas populações, constatamos que esta tem vindo a reduzir de forma intermitente desde 2007, ao mesmo tempo que aumentam os pedidos de colocação de novos contentores.

Mantendo a relação peso/volume dos RSU, ao aumentar a capacidade de retenção e com a diminuição da produção de RSU pelas populações, podemos concluir que a rentabilização dos contentores está a reduzir, ou seja, temos mais contentores na cidade com uma taxa de ocupação diária dos mesmos mais baixa.

Não sabendo se um contentor ou conjunto de contentores estão cheios ou vazios, fará sentido recolhê-los diariamente? Provavelmente não, mas atualmente não existe forma de saber a taxa de preenchimento dos contentores sem que uma das equipas de recolha pare a viatura e verifique manualmente, o que leva a uma ineficiência da atividade de recolha e, consequentemente um desperdício de recursos, nomeadamente combustível, recursos humanos e tempo.

A utilização do *IoT* como veículo de resolução de problemas com os RSU pode ser claramente a solução. No entanto, é necessário manter o foco no problema e não na tecnologia, apesar de, neste caso, a tecnologia possuir uma quota-parte importante no processo.

A construção do protótipo desencadeou uma série de dificuldades construtivas, que com a presente investigação foram sanadas, desde a forma de leitura dos contentores, ao desenhar um dispositivo à prova de água, passando pela comunicação dos dados.

Outra mais-valia deste trabalho académico é a análise financeira efetuada à atividade de recolha de RSU, em que são determinados os custos exatos de parte da atividade assim como as potenciais reduções financeiras, mediante o funcionamento do protótipo.

Neste momento, existem empresas nacionais e internacionais com soluções parecidas com a apresentada, cujo valor dos dispositivos são proibitivos a qualquer organismo público, tornando assim muito mais vantajoso o desenvolvimento interno e mantendo o *know-how* do projeto dentro da organização.

2 Enquadramento Teórico

No atual contexto de crescimento exponencial das populações, em 2017 a população mundial ascendia a 7.500 milhões de indivíduos (United Nations, 2017) sendo que 55% vivia em zonas urbanas e 45% em zonas rurais (United Nations, 2018), estimando que até 2050 o rácio sofrerá alterações para 68%/32% para zonas urbanas e rurais, respetivamente (United Nations, 2018). Torna-se evidente a necessidade de providenciar às populações “água potável, acesso a energias limpas, mobilidade eficiente e segurança” (IEC, 2018) como forma de “competitividade e prover alguma qualidade de vida às populações” (IEC, 2018).

A urbanização crescente das cidades aumenta de forma proporcionalmente inversa à pobreza, à qualidade do ar, aos problemas sanitários provocados pelos resíduos sólidos urbanos e pela poluição, entre outras (National Geographic, 2018). As cidades são responsáveis pela geração de 80% dos gases que provocam o efeito de estufa e consomem 75% da energia mundial ocupando apenas 2% do território mundial (Gamero, 2018). Diversas organizações procuram uma solução ou *framework* para estes problemas, colocando a cidade como o centro da mudança necessária, sendo essencial suprimir não só as necessidades mais básicas, assim como as suas ideologias ecológicas e as suas visões de futuro para as gerações vindouras (Center for Liveable Cities and Urban Redevelopment Authorit, 2012).

Perante este cenário, torna-se necessário a evolução para um conceito de gestão de cidades que inclua as tecnologias de informação e comunicação (Gamero, 2018): as *Smart Cities*.

As *Smart Cities* ou Cidades Inteligentes são objeto de grande interesse nos dias de hoje. O conceito de *Smart Cities* é ainda embrionário, estando a ser desenhado por diversos grupos como cientistas e investigadores, assim como por organizações governamentais (European Union, 2018) ou até fornecedores de serviços e produtos (IBM, 2018). Cada *stakeholder* interveniente nesta construção possui um entendimento diferente de como estas cidades devem ser construídas ou modeladas.

As áreas de intervenção de uma SC, segundo investigadores da TUWIEN¹, são a economia, a mobilidade, o meio ambiente, a governança, as pessoas e o *smart living* (European Smart Cities, 2018). Outra linha de investigação aborda as mesmas áreas enfatizando ainda o crescimento, a poupança, a inovação, a integração, a participação e a simplificação como chave para o sucesso do crescimento das cidades e a urbanização das mesmas (Centre d'Informatique

¹ Technische Universität Wien

pour la Région Bruxelloise, 2018). Noutro prisma, é referido que a *smart governance*, uma das dimensões das *Smart Cities*, deve ser a impulsionadora das SC por ser transparente, responsável, colaborativa e participativa (Lopes, 2017). Outra motivação para a modernização das cidades é a de utilização dos conceitos de *big data* e *IoT* para efetuar a reforma do turismo com a criação de mais uma dimensão a que deram o nome de *smart tourism* (Xu, Huang, Zhu, & Zhang, 2018).

No entanto, independentemente do motivo da criação de uma SC, esta visará sempre a melhoria da qualidade de vida da população como o seu objetivo primário (Novak & Votruba, 2016). Apesar dos constrangimentos culturais, é necessário que os governos a todos os níveis dediquem mais atenção às aplicações da tecnologia em vez de disponibilizar uma quantidade massiva de recursos de hardware (Qi & Ba, 2016).

Noutra direção mais controversa, é referido que pode ser analisado o caminho a seguir na construção da SC como os espaços urbanos e a estrutura da cidade, avaliando a sua eficiência indexada ao PIB por unidade de área e a população existente (Wei, 2016), num caso específico da cidade chinesa de Kunmin. Outro caminho sugerido pode envolver a utilização de tecnologia *blockchain* (atualmente visada nas cripto moedas) como forma de proteção da identificação digital dos indivíduos, onde os dados permanecem encriptados e seguros (Rivera, Robledo, Larios, & Avalos, 2017).

Antes e durante a construção da *smartcity*, é necessário entender a perceção dos envolvidos na sua construção de forma individual, como forma de perceber as diferenças entre os mesmos (Bjørner, 2018).

Estima-se que com as *Smart Cities*, podem ser poupados 15% em consumo de água em parques e jardins, 17% na redução de CO₂ na atmosfera pela gestão do tráfego nas cidades, 10% no consumo de energia e 7% no consumo de água nas casas habitacionais e cerca de 25% nos requisitos de transporte de resíduos sólidos urbanos (Gamero, 2018).

Como forma de criar e desenhar a *smartcity*, também é defendida a criação de iniciativas pelos mais diversos *stakeholders*, desenvolvidos pelas populações, para criar valor e fazer crescer a cidade inteligente (Avalos, Larios, Salazar, Maciel, & Rocio, 2017).

O processo de conversão de uma cidade no novo conceito de *smart city* é um processo que requer uma série de ações que incluem recolha de dados, processamento e a utilização desses dados pelos cidadãos (Pla-Castells, Martinez-Durá, Samper-Zapater, & Cirilo-Gimeno, 2015). De acordo com o *Smart Cities and Communities work Programme*, citado por (Pla-Castells, Martinez-Durá, Samper-Zapater, & Cirilo-Gimeno, 2015), a participação dos cidadãos é

considerada um elemento chave nas *Smart Cities*. Em todas as dimensões das *Smart Cities*, a perspectiva mais importante é a dos residentes na cidade, pois a cidade é construída para as pessoas que nela vivem (Zhao & Wang, 2015). O envolvimento das populações na construção das *Smart Cities* é essencial, uma vez que o mais importante numa cidade são os seus residentes (Ceballos & Larios, 2016). A participação dos cidadãos nas *Smart Cities* é vista como sendo os principais sensores de uma cidade, contribuindo com os seus dispositivos pessoais, como o *smartphone* ou o *smartwatch* (Casino, Batista, Patsakis, & Solanas, 2015).

As cidades são sistemas gigantes com um número incontável de subsistemas altamente dependentes de energia elétrica (IEC, 2018), sendo que as comunicações *wireless* frequentemente consomem uma elevada quantidade de energia, reduzindo a autonomia de um sistema (Barragán, García-Torales, Larios, & Ramírez, 2016). As telecomunicações para o conceito “*Smart*” têm os mesmos requisitos que todos os outros tipos de comunicações, sendo necessárias que assentem em standards internacionais como forma de garantir interoperacionalidade entre os sistemas e a sustentabilidade a longo prazo (Vodrazka, Jares, & Mejzrova, 2018) .

No campo da mobilidade, os veículos inteligentes são uma parte indispensável das SC (Karaduman & Eren, 2017), nomeadamente no âmbito do tráfego automóvel, onde existem caminhos difusos, sendo absolutamente necessário divergir para o sentido mais dinâmico e preciso, levando a conectividade aos veículos, tornando-os em sensores de tráfego, com o objetivo de melhorar o tráfego e, em última análise, contribuir para a redução da emissão de gases poluentes (Pereira, 2018).

O desenvolvimento da *IoT* fornece informações contextuais ricas que são fundamentais para a escalabilidade das cidades inteligentes (Srinivasan, Mohan, & Srinivasan, 2016). A necessidade de um código de conduta para a construção das *smart homes* como parte integrante das *Smart Cities*, sob o ponto de vista da engenharia e da arquitetura, deve ser considerada (Ghosh, 2018). A utilização de semântica apropriada e metadados pode facilitar o entendimento dos dados, tanto por humanos, como por máquinas para a sua reutilização e manipulação automática (Villanueva-Rosales, Garnica-Chavira, Victor M. Larios, Gómez, & Aceves, 2016). A segurança dos dados é de extrema importância, sendo que qualquer que seja a política utilizada pelas organizações, as pessoas devem ser consideradas um ativo relevante cujo impacto organizacional deve ser levado em conta (Gaivéo, 2013). A importância da veracidade dos dados é notória, não esquecendo a possibilidade da existência de valores anormais em consequência de leituras adversas que, apesar de reais, saem fora dos limites

normais pré-concebidos, havendo necessidade de colmatar estas situações (Abid, Kachouri, & Mahfoudhi, 2017).

Todo o conceito das SC é baseado na utilização de vários pequenos sistemas inteligentes, dotados de capacidade de comunicação colaborativa entre os diversos sistemas na vida urbana moderna (Novak & Votruba, 2016).

O conceito de SC não pode ser dissociado de outro novo conceito nos dias de hoje que é a *Internet of Things* ou em português a Internet das Coisas. Na realidade, dificilmente existiriam SC sem a *IoT*. Existem várias definições para a *IoT*, “como um sistema que interliga dispositivos de computação” (Coelho, 2017). No site TechTarget referem *IoT* como sendo um sistema interrelacionado de dispositivos computacionais, mecânicos ou digitais, compostos por objetos, animais ou pessoas munidos de um identificador único, capazes de comunicar numa rede de dados sem necessidade de interações humano/humano ou humano/máquina (Rouse, 2017). Já o site *Business Inside* define *IoT*, como uma rede de objetos ligados à internet capazes de recolher e trocar dados utilizando sensores (Meola, 2016). Muitas outras definições podem descrever o que é o *IoT*, mas todos utilizam o conceito de que são objetos ligados numa rede para envio e/ou troca de dados. Outros autores salientam a necessidade de existirem sensores físicos, assim como sensores económicos e sociais, no processo de tomada de decisão, obtendo um alinhamento entre estas novas variáveis (Foucault & Moulrier-Boutang, 2015).

O conceito de *IoT* tem vindo a despertar grande interesse em três grandes áreas: no consumidor final, nas grandes indústrias e no setor público. Neste último, tem sido o catalisador do desenvolvimento das *Smart Cities* (Rhee, 2016). Do ponto de vista comercial, uma *smartcity* obedece às regras gerais do mercado, nos quais estão vigentes a procura e a oferta (Akaslan, Taşkın, & Oğuz, 2017).

A interpretação dos dados gerados por sensores leva a uma ação-reação por parte dos sistemas, podendo ligar autonomamente uma ventoinha ou um desumidificador (Haoyu, Guomin, & Yaru, 2018).

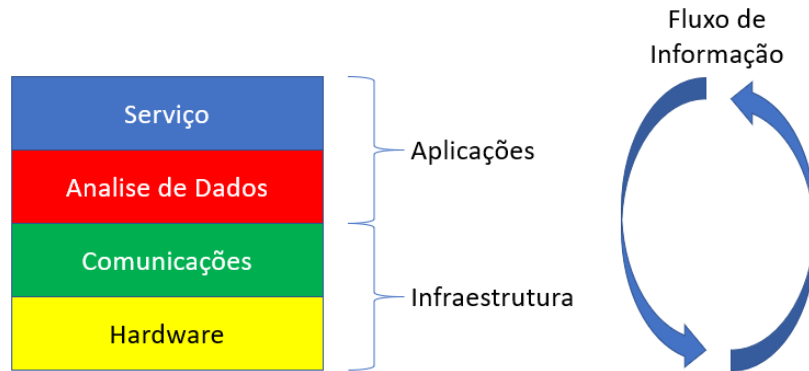


Figura 1 - Arquitetura simplificada do IoT e SmartCities [adaptado de (Rhee, 2016)]

O modelo organizacional dos sistemas de informação nos diversos níveis (operacional, tático e estratégico) e a definição e caracterização das soluções para o Urbanismo dos Sistemas de Informação (objetivos, morfologia, funcionalidades, níveis de integração e relações entre utilizadores e *stakeholders*) (Zorinho & Anunciação, 2006) são algumas das dimensões associadas à Governança que ganham relevância no domínio das *SmartCities*.

É imperativo deixar vigente que um projeto de construção de uma SC obriga a um investimento em SI/TIC, cujo prazo do projeto rondará entre um a três anos e consiste num conjunto de ações de organização e combinação produtiva de meios físicos, lógicos e humanos necessários ao processamento automático de informação e consequente reorganização de todo um processo produtivo (Oliveira, 2004).

Em qualquer tipo de projeto em SI, a avaliação financeira do mesmo deve ter em consideração o período de vida do mesmo, escrutinado sob a forma de fluxo de custos e benefícios, vigentes ao longo da duração do mesmo, avaliando desta forma a viabilidade ou não de um projeto (Miguel, 2006).

Um projeto de SI pode ter vários tipos de custos (de desenvolvimento, de manutenção, em deslocações, em RH ou outros não específicos), fruto do desenvolvimento cronológico do projeto e também o custo do investimento, seja em tecnologias específicas ou hardware necessários ao projeto, que devem estar convenientemente assinalados em documentos próprios e registados cronologicamente (Bach, 2001).

Os recursos de uma organização serão sempre escassos e dispendiosos, pelo que o seu uso implica um custo associado. A sua utilização tem de ser criteriosa na medida em que a relação resultados/meios seja a melhor possível (Rascão, 2004).

3 Metodologia

3.1 Objetivos do Estudo

O objetivo central deste estudo pretende determinar a viabilidade de construção e aplicação de um dispositivo de leitura do preenchimento de contentores de RSU, com base em arquitetura *IoT*, assim como analisar a possível redução de custos levada a cabo pela utilização do referido dispositivo, analisando a viabilidade de investimento.

Em relação aos objetivos específicos, pretende-se: (a) construir um protótipo que efetue leituras indicadoras do nível de enchimento dos contentores recetores de RSU; (b) analisar a viabilidade do investimento e respetivo *payback*; (c) calcular a alteração de custos com base numa redução de 10%, 20% ou 30% no número de paragens das viaturas de recolha de RSU motivadas pela utilização do dispositivo.

3.2 Fundamentação metodológica

No que à metodologia diz respeito, tendo em vista a obtenção dos melhores resultados tanto do objetivo central como dos específicos, foram realizadas diversas entrevistas não estruturadas para levantamento e caracterização da atividade de recolha de RSU. Essas entrevistas foram realizadas a colaboradores de três categorias profissionais distintas: assistente técnico, técnico superior e diretor de departamento.

Os colaboradores com a categoria de assistente técnico relataram a sua experiência no atendimento de reclamações de munícipes, assim como da gestão operacional diária do próprio serviço, como pedidos de novos contentores, solicitações de lavagens ou reclamações decorrentes das recolhas efetuadas. O colaborador com a categoria de técnico superior tinha a seu cargo a gestão de contentores e a sua localização, assim como o planeamento de substituição de contentores de superfície por enterrados. O colaborador com a categoria de diretor é o responsável máximo pela atividade de RSU no departamento, com uma visão estratégica fulcral e essencial para o futuro da atividade de RSU no município.

Neste projeto de estudo foram utilizadas diversas fontes de informação na obtenção de dados de trabalho e investigação, nomeadamente em termos de instrumentação. Para a primeira fase do projeto (de desenho e conceção do protótipo), foram realizadas pesquisas dos componentes e enquadramento técnico, nomeadamente a consulta de sites de internet das áreas de interesse (Arduíno, *IoT* e blogues especializados em desenvolvimento *IoT*). Para a segunda fase, a de avaliação de custos, foram efetuadas entrevistas não estruturadas, consultas de sites de internet nos sites do Município de Setúbal e da ERSAR. Foram ainda efetuadas

consultas aos documentos fornecidos pelo Município, nomeadamente aos Pontos de Recolha de RSU (2016), Balanço Financeiro (2016/01/01 a 2016/12/31), Dados da Qualidade de Serviço RSU (2016), Demonstração de Resultados CMS (2016), Ficheiro de Formação de Tarifários, Indicadores de Avaliação de Qualidade, Relatório de Gestão (2016) – Município de Setúbal e Proposta de Tarifário 2018.

De entre a informação cedida pelo município, nomeadamente os dados de qualidade de serviço, estes são os mesmos enviados à ERSAR, anualmente, para realização da avaliação da qualidade de serviço, que resulta da operacionalidade da atividade de recolha dos RSU. Estes dados foram a principal fonte de investigação e continha a seguinte informação central para o estudo, evidenciada na tabela abaixo:

Nome da Folha	Descrição
Resumo	folha de resumo total
RH	recursos humanos utilizados, incluindo afetações ao serviço
RH outsourcing	semelhante ao anterior, mas em regime de outsourcing
Acessibilidade	dados sobre a georreferenciação dos equipamentos
Infraestruturas	quantidade e tipologia dos contentores
Quantidades	quantidades recolhidas por mês e por tipologia de RSU
Lavagens	lavagens aos equipamentos por mês, executante e tipologia de contentor
Rentabilização Viaturas	entregas de RSU por viatura e pesagem
Combustível	gastos em combustível em litros por viatura e kms percorridos
Viaturas	enumeração das viaturas e características
Reclamações	todas as reclamações recebidas
Certificações	todas as certificações existentes obtidas para laboração
Alertas e Erros	inconsistências de preenchimento

Tabela 1 - Relação de dados do ficheiro enviado à ERSAR

3.3 Escolha da Organização

A escolha da organização, neste caso de uma autarquia e mais especificamente a Câmara Municipal de Setúbal, deve-se a razões de cariz profissional e pessoal.

De cariz profissional, uma vez que o investigador colabora com a organização desde 1997, sempre no setor responsável pela gestão municipal dos sistemas de informação, estando envolvido na maioria dos processos do setor.

Por motivos pessoais porque o investigador, natural de Setúbal, gostaria de retribuir à cidade que de muitas formas o agraciou, dando assim o seu contributo na melhoria da qualidade de vida de toda a população.

3.4 Limitações

Não perdendo o foco na investigação desenvolvida, é importante referir que o presente estudo poderia ser mais preciso, caso a organização visada possuísse dados adicionais como a quantidade exata de recolhas por viatura e por noite, assim como os valores de referência de consumo de combustível para cada viatura e os custos de peças de manutenção.

3.4.1 Contentores de retenção

Contextualizando o dispositivo que se pretendia desenvolver, foram verificados os tipos de contentores de retenção utilizados pela autarquia, que são de superfície ou enterrados. No total, são 3 692 dispositivos com 3 518 m³ de capacidade de retenção. No entanto e devido à morfologia dos contentores, apenas é possível instalar o equipamento de comunicação nos contentores de superfície cuja capacidade de retenção ascende aos 2 830 m³ distribuídos por 3 538 contentores. Esta limitação deve-se ao facto de os contentores subterrâneos estarem efetivamente enterrados e não se conseguir realizar a comunicação sem fios.

3.4.2 Viaturas

Na análise efetuada aos custos das viaturas, nomeadamente ao combustível, não é possível efetuar um comparativo entre o gasto de combustível atual e o gasto de referência da marca, uma vez que este último passou a constar dos documentos oficiais da Autoridade Tributária e Aduaneira, mais propriamente dos Serviços Aduaneiros, apenas a partir de 2014, aquando da aquisição de viaturas novas, não havendo qualquer registo de emissões de CO₂ ou médias de consumo dos mesmos.

Caso existisse este valor para cada viatura, ao efetuar a comparação entre o valor de referência e o valor real gasto, poderíamos eventualmente constatar que esta diferença seria o valor gasto de combustível em cada paragem. Exemplificando, uma viatura da categoria de pesados cujo valor de consumo de referência seja 40 litros de combustível a cada 100 quilómetros, que na realidade esteja a gastar 60 litros de combustível a cada 100 quilómetros, podemos assumir que esta diferença seja fruto do tipo de atividade da viatura. Transpondo esta simulação para o caso em estudo, sabendo que a viatura em causa, em 100 quilómetros, efetuou 200 paragens, aumentando o seu consumo em 20 litros face ao expectável, poderíamos então assumir que em cada paragem foi gasto 0,1 litros de combustível extra.

Na análise realizada foi determinado um custo por paragem, pela extrapolação dos quilómetros efetuados, da média de consumo e do número de paragens. Se uma viatura faz um

percurso entre o ponto A e o ponto C, eliminando a paragem no ponto B, o custo associado à paragem é eliminado. No entanto, a distância entre o ponto B e o ponto C tem de ser percorrida, com custos inerentes de combustível. Para o estudo em causa, determinou-se que este custo de combustível seria residual, uma vez que a maior parte do combustível gasto entre dois pontos relativamente próximos é no momento do arranque.

4 A Organização

4.1 Caracterização da Organização

A Constituição da República Portuguesa consagra a existência das autarquias locais como sendo pessoas coletivas territoriais dotadas de órgãos representativos e que visam a prossecução de interesses próprios das populações respetivas (artigo 235.º). Em Portugal Continental, as entidades autárquicas estão divididas em três grupos: municípios, freguesias e entidades intermunicipais. Os órgãos representativos dos municípios são a assembleia municipal, que é um órgão deliberativo, e a câmara municipal que é um órgão executivo. O regime jurídico dos órgãos dos municípios consta da Lei n.º 75/2013 de 12 de setembro e ainda da Lei n.º 169/99 de 18 de setembro, com as posteriores alterações, nas partes não revogadas pela Lei n.º 75/2013.

A Câmara Municipal de Setúbal é o órgão eleito pelos cidadãos recenseados e eleitores do concelho de Setúbal, atualmente constituído por um presidente e oito vereadores, sendo um dos vereadores cumulativamente também vice-presidente.

Segundo o Balanço Social² de 2016, a Câmara Municipal de Setúbal possuía a 31 de dezembro de 2016 um total de 1265 colaboradores, sendo 661 do sexo masculino e 604 do sexo feminino num rácio de 52% e 48% respetivamente. Ainda do total de colaboradores, 1221 encontram-se em regime de Contrato de Trabalho em Funções Públicas por tempo indeterminado, vulgarmente designados por trabalhadores do quadro, e 37 em Comissão de Serviço (chefias e dirigentes) e os restantes 7 são eleitos locais.

Em termos de estrutura orgânica, a Câmara Municipal está dividida em cinco departamentos:

- DAFRH - Departamento de Administração Geral, Finanças e Recursos Humanos;
- DURB – Departamento de Urbanismo;
- DOM – Departamento de Obras;
- DAAE – Departamento de Ambiente e Atividades Económicas;
- DCED – Departamento de Cultura, Educação, Desporto, Juventude e Inclusão Social.

O departamento sobre o qual será aplicado o presente estudo é o DAAE, mais especificamente sobre a DIHU, a Divisão de Higiene Urbana. Segundo o Regulamento da

² Documento de elaboração obrigatória pelo DL n.º190/96 de 9 de Outubro

Organização dos Serviços Municipais da Câmara Municipal de Setúbal na sua redação apresentada na reunião n.º 22/2012 de 28 de novembro, à DIHU incumbe, genericamente, assegurar a salubridade e a gestão do sistema municipal dos resíduos sólidos, limpeza urbana e recolhas especiais, estando a mesma organizada em vários setores para dar suporte às suas atividades, nomeadamente:

- SRSU – Setor de Recolha de Resíduos Sólidos Urbanos;
- SLU – Setor de Limpeza Urbana;
- SRE – Setor de Recolhas Especiais;
- SSALU – Setor de Salubridade;
- SMAFE – Setor de Manutenção e Ferramentaria.

A nível de recursos humanos, a atividade de recolha de RSU engloba um total de 113 colaboradores com diferentes níveis de afetação. Estes colaboradores são de diferentes categorias profissionais e de diferentes departamentos e vão desde o assistente operacional (antigamente designado por cantoneiro de limpeza), até ao Presidente do Município e vereadores, passando por assistentes técnicos, encarregados, técnicos superiores ou chefes de divisão, conforme podemos verificar na tabela abaixo (ver Tabela 2):

Grupo Profissional	Total		
	Colaboradores (un.)	Afetação (%)	Afetação a 100%
Assistente Operacional	97	80,45	65
Assistente Técnico	4	2,00	0
Dirigente - Direção	1	0,15	0
Dirigente - C. Divisão	2	0,85	0
Eleito Local - Presidente	0	0,00	0
Eleito Local - Vereador	0	0,00	0
Encarregado	7	5,30	4
Técnico Superior	2	1,00	0
Total	113	89,75	69

Tabela 2 - Afetação de colaboradores por grupo profissional

Apesar do elevado número de envolvidos no processo, apenas 69 colaboradores possuem uma afetação a 100%, sendo que a soma cumulativa de todos os grupos profissionais com afetação máxima ascende a 66,50 colaboradores, uma vez que apesar, de possuírem uma afetação a 100%, não laboraram os 12 meses do ano.

No âmbito da política ambiental, o Município de Setúbal possui uma definição clara e explícita, devidamente vigente na página de internet³ criada para esse efeito, em que identifica claramente três eixos fulcrais sob o *slogan* “Mais Cidade, Mais Rio, Mais Trabalho”, representada neste estudo no anexo 5.

No eixo “cidade” está vigente a urbanidade como modo de envolvimento não só dos cidadãos como dos vários núcleos urbanos do concelho, salientando as várias áreas de intervenção relacionadas com os múltiplos aspetos de contribuem para a qualidade de vida das comunidades. O eixo “rio” enaltece a importância do Rio Sado na evolução da cidade enquanto ecossistema de desenvolvimento e projeção de Setúbal para o mundo. O eixo “trabalho” está presente como valor intrínseco para o progresso da região, desde a criação de emprego à sua qualificação, da valorização das atividades económicas à sua diversificação, do planeamento territorial à defesa dos valores ambientais. Para a obtenção dos objetivos propostos, o Município de Setúbal pretende executar várias linhas de ação em desenvolvimento:

- 1) Estratégia e Valorização Ambiental – este ponto de ação consiste no desenvolvimento de medidas estratégicas e de âmbito geral;
- 2) Educação Ambiental – este ponto propõe a continuidade de projetos iniciados anteriormente, assim como a criação de novos projetos na área da educação ambiental;
- 3) Salubridade e Limpeza Pública – este ponto visa a continuação da promoção da reciclagem, o desenvolvimento de planos de gestão, medidas de apoio para canídeos e gatídeos, assim como da implementação do crematório municipal;
- 4) Qualificação de Espaços Urbanos e Espaços Verdes – esta linha de ação propõe a implementação de novos parques verdes e a consolidação dos existentes, a promoção da rega municipal responsável e a ampliação dos espaços de hortas urbanas;
- 5) Qualidade do Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Residuais– este ponto sugere a manutenção de projetos iniciados anteriormente de drenagem de águas residuais e pluviais e a ampliação da rede de abastecimento doméstico;
- 6) Eficiência Energética e Qualidade da Iluminação Pública – este ponto salienta a promoção da eficiência energética na iluminação pública, a substituição da sinalética existente por outra mais eficiente e o desenvolvimento de projetos na área da eficiência energética;
- 7) Ruído e Qualidade do Ar – esta linha de desenvolvimento visa a redução do ruído e a promoção da melhoria da qualidade do ar;

³ <http://ambiente-setubal.pt/politicas-ambiente-concelho-de-setubal/>

5 Projeto

O presente projeto acadêmico está dividido em duas partes distintas. A primeira parte consiste no desenvolvimento de um protótipo com base em arquitetura *IoT*, que efetua a leitura do estado de preenchimento de um contentor e comunica para uma plataforma *online* os resultados obtidos. A segunda parte compreende o estudo financeiro associado à atividade de recolha de resíduos sólidos urbanos, que contém em detalhe os custos relacionados com este processo e a contabilização do investimento avaliando uma possível redução financeira, com base na utilização do dispositivo desenvolvido.

O emergir da ideia para a criação deste dispositivo ocorreu quando, durante semanas, o investigador ouviu a equipa de recolha de RSU passar junto da sua residência, habitualmente, pelas 00h20. Na avenida em causa, encontram-se dois pontos de recolha com quatro contentores cada, que distam entre eles por cerca de 300 metros. Sendo esta uma zona de densidade residencial alta (prédios de 7 e 3 andares), a equipa de recolha teria provavelmente de parar para verificar se algum contentor precisaria de recolha.

O desenvolvimento do dispositivo de leitura volumétrica foi idealizado e desenhado pelo investigador, tendo como base a sua visão pessoal, assim como das informações recolhidas em entrevista não estruturada com as quatro assistentes técnicas com afetação a 50% à atividade de RSU e com o diretor do departamento responsável.

O dispositivo desenhado, na realidade, não mede o volume, mas efetua uma medição entre dois pontos, neste caso entre a parte interior da tampa onde ficaria colocado o dispositivo e o fundo do contentor de retenção, ou os RSU dentro deste. Até ao modelo atual, foram concebidos três protótipos, sendo que os custos associados a cada um têm duplicado no modelo seguinte, acompanhando assim a melhoria e fiabilidade do dispositivo.

5.1 Arquitetura Técnica

A tecnologia da *IoT* consiste na interligação de objetos ou coisas (até agora sem capacidade comunicativa), a uma rede de dados com aptidão para efetuar comunicações bilaterais, podendo ainda ser agregados a estes objetos (ou coisas) sensores que façam algum tipo de leitura de dados para transmissão. No caso do projeto em análise, o objeto é um vulgar contentor de recolha de RSU, que se pretende que seja equipado com um sensor de leitura ultrassónica de distância.

A leitura efetuada ao contentor seria comunicada para a *cloud*, permanecendo sob a forma de *big data* para interpretação posterior pelo centro de controlo, que por sua vez, envia os dados novamente via *cloud*, para que possam ser transmitidos aos equipamentos nas viaturas de recolha, com a nova rota ou simplesmente com os contentores que realmente necessitam ser recolhidos (ver abaixo Figura 2).

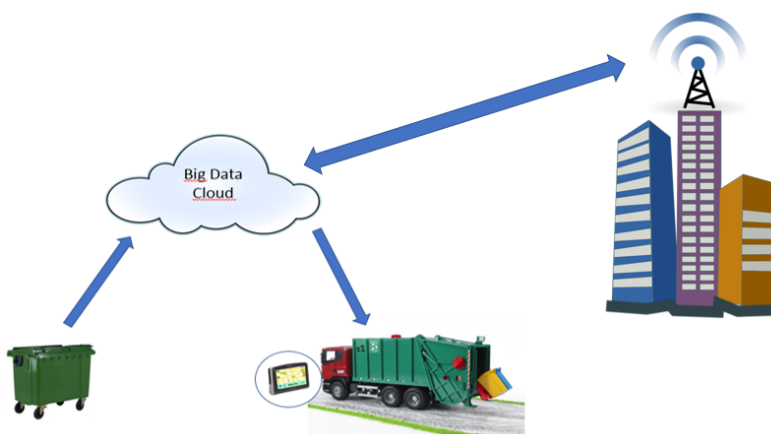


Figura 2 - Arquitetura de Comunicações

5.1.1 Componentes

O presente protótipo é composto por quatro componentes: o *SoC* LoraWan, o sensor ultrassónico, a bateria e a caixa.

O principal componente é o módulo de comunicação (ver abaixo Figura 3). A tipologia utilizada é um *System On a Chip (SoC)* que consiste num *microchip* que contém todos os componentes eletrónicos necessários ao seu funcionamento num único *chip* e no mesmo circuito integrado. Este módulo é na realidade uma API, uma interface para programação para gerir o *hardware* e as portas de *input/output* do *chip*. O *SoC* de comunicação utilizado foi o LoraWan ESP32 SX1278 Oled, que permite comunicações *wifi* sob os protocolos 802.11 b/g/n e ainda LoraWan. Este modelo em particular possui um pequeno ecrã *oled*⁴ e um conector *mini-usb*, semelhante a qualquer carregador de telemóvel para facilitar o *upload* do software. Existem no mercado outros *SoC* de marca diferente com o mesmo *chip* ESP32 mas sem ecrã, com custo mais baixos.

⁴ Díodo orgânico emissor de luz



Figura 3 - ESP32 - Módulo IoT

A tecnologia LoRa, que advém de Long Range (em português longo alcance), é uma camada física criada para a realização de comunicações de longo alcance. Esta tecnologia é baseada na propagação de espectro modular, mantendo as mesmas características de baixo consumo de energia que a modulação FSK⁵, mas com um aumento significativo de alcance de comunicação. Esta tecnologia tem sido utilizada tanto em ambiente militar como em missões espaciais com sucesso, sendo esta a primeira aplicação de baixo custo para utilização comercial e doméstica. Esta tecnologia utiliza comunicações sem fios nas frequências 868 MHz para a Europa, 915 MHz na América do Norte e 433 MHz na Ásia, permitindo comunicações entre dispositivos até 32 quilómetros em condições ótimas.

Noutros tipos de *SoC*, a ligação *wifi* é efetuada diretamente entre o *SoC* e um *router* ou AP. No caso do *SoC* com tecnologia Lora, a arquitetura de ligação à internet carece de um dispositivo adicional, um *gateway*, que permite a ligação entre duas redes diferentes, como é a Lora do *SoC* e a internet do *router*.

A programação do *microchip* pode ser efetuada em duas linguagens distintas, uma em C/C++ utilizando um interpretador de nome "Arduino IDE" ou em linguagem Lua. O interpretador Arduino é uma plataforma em *open-source* para hardware, com funcionalidades como a leitura de *inputs* (o acionar de um sensor ou de um botão) e execução de *outputs* (ativar um motor, acender uma luz ou fazer uma publicação *on line*). Este interpretador envia o código para o *SoC* como se de uma ROM se tratasse, passando a mesma a realizar as tarefas para a qual

⁵ Frequency Shift Key

foi programada. A linguagem Lua foi criada e desenvolvida na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro no Brasil, que a designa como eficiente, de execução leve e que permite *scripting* embebido, assim como programação por procedimentos e orientada a objetos.

Para o projeto em causa, foi usado o Arduíno IDE utilizando a linguagem C/C++ por ser uma linguagem já conhecida pelo investigador há mais de duas décadas.

Em termos de configuração para o desenvolvimento é necessário configurar o *software* “Arduino IDE” com os seguintes parâmetros da tabela abaixo (ver Tabela 3):

Tipo	Configuração
Módulo	Espressif ESP32
Arduino IDE	Versão 1.6.11
Board	WIFI_LoRa_32
CPU Frequency	80Mhz
Upload Speed	115200
Porta	(ver Gestor de Dispositivos)

Tabela 3 - Configurações do software Arduino IDE

Com estas configurações, o modulo ESP32 é reconhecido pelo compilador com sucesso, estando apto a efetuar o carregamento do código programado.

O leitor de distância ultrassónico à prova de água (ver abaixo Figura 4) é um sensor cujo princípio de funcionamento é semelhante aos existentes em viaturas automóveis, acionados ao efetuar manobras de recuo, no entanto diferente por ser um sensor para aplicações *IoT*. Neste momento, é apenas comercializável sob encomenda em Portugal em lojas da especialidade.



Figura 4 - SR-04T - Medidor de distância ultrassónico

O sensor SR04T efetua a leitura da distância pelo envio de ultrassons acionado pela ativação da GPIO4 (ver abaixo Figura 5) e aguarda a devolução dos mesmos por reflexo (ver abaixo Figura 6) no GPIO5. Pelo tempo que demora a enviar e receber o sinal é calculada a distância.

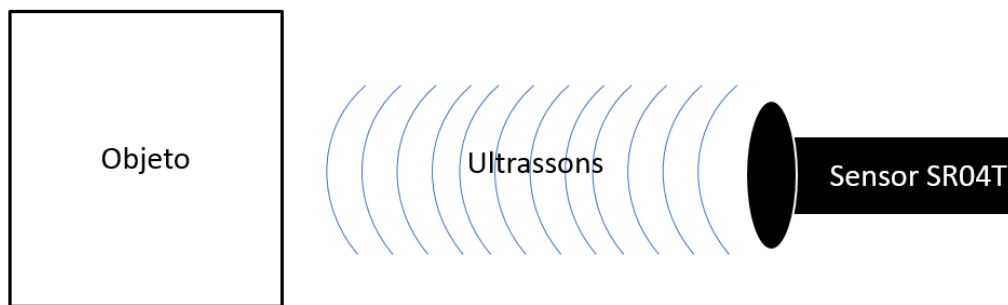


Figura 5 - Envio de ultrassons

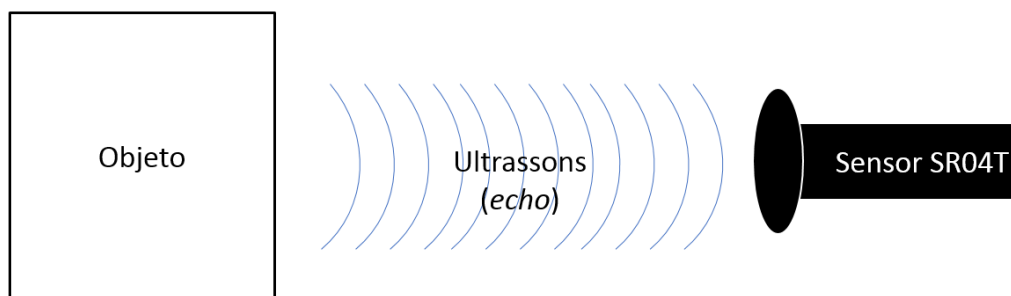


Figura 6 - Devolução de ultrassons (echo)

Os componentes menos tecnológicos são a caixa que mantém resguardados os componentes e a bateria de alimentação de energia. A caixa estanque utilizada (ver abaixo Figura 7), é semelhante às utilizadas em instalações elétricas no exterior e vulgarmente à venda em grandes superfícies e lojas especializadas. Este modelo em específico tem as medidas de 100x100x50mm.



Figura 7 - Caixa estanque 80x80mm (marca Legrand)

A bateria de suporte (ver Figura 8), é semelhante às utilizadas em qualquer *powerbank* e tem uma capacidade individual superior a 4000 mAh.



Figura 8 - Bateria recarregável tipo 18650 de 3.7v

A alimentação de energia de todos os componentes é efetuada a partir destas baterias tipo 18650 de 3,7v recarregável, que se estima uma duração superior a 70 horas em funcionamento contínuo. No entanto, para envio de dados via internet apenas duas vezes por dia, significa que o módulo SoC somente seria utilizado cerca de 15 a 30 segundos por dia, podendo este ser “hibernado” o resto do tempo (ver Apêndice 1 – Fluxograma de Funcionamento). Este modo de hibernação desliga todas as funções principais do módulo, exceto o relógio interno, que sinaliza o dispositivo de quando deve acordar do modo de hibernação. Medições efetuadas no SoC mostram um gasto de 87 miliamperes em funcionamento normal e cerca de 8,3 miliamperes em modo hibernação, ou seja, apenas cerca

de 10% do funcionamento em pleno. Desta forma, a bateria incluída no projeto teria uma duração entre 1 a 2 anos, bastando substituir as pilhas em causa por outras carregadas, não sendo necessário adquirir novas pilhas.

5.1.2 Ligação e calibração

Para que o protótipo funcione em pleno, é necessário proceder à ligação dos diversos componentes. A tabela seguinte (ver abaixo Tabela 4) mostra as ligações necessárias entre o ESP32, o sensor ultrassónico de distância e a bateria. Estas ligações devem ser efetuadas após o carregamento da ROM.

ESP32	Sensor SR04T	Bateria
Vcc	Vcc/5v	Vcc
GPIO4	Trigger	-
GPIO5	Echo	-
GND	GND	GND

Tabela 4 - Esquema de ligação entre módulo ESP32, sensor SR04T e baterias

Estas ligações entre o SoC e o sensor são na realidade muito simples: o pin Vcc, que significa *voltage at the common collector*, é o ponto de alimentação de energia de ambos os componentes fornecido pela bateria, podendo ser interpretado como o polo positivo, assim como o GND, que significa *ground* ou terra em português, é o polo negativo do circuito de energia. A sigla GPIO, que significa *General Purpose Input/Output*, são as portas dos componentes com capacidade para efetuar leitura ou escrita nos dispositivos a eles ligados. Neste caso, o GPIO4 efetua a leitura do sinal *trigger* do sensor, de igual forma que o GPIO5 faz a leitura do sinal *echo* enviado.

O sensor de distância ultrassónico utilizado deveria estar pré-calibrado, não sendo necessário proceder à sua calibração, o que não se veio a confirmar. Conforme já foi descrito, o cálculo da distância é efetuado pela soma do tempo de envio dos ultrassons e receção do *echo*, dividido pelo coeficiente do número de “viagens”, neste caso ida e volta, e depois, novamente, dividido pelo valor da densidade do ar, como podemos verificar na fórmula abaixo.

$$distância = \frac{\frac{duração}{2}}{massa\ molar\ do\ ar}$$

Fórmula 1 - Cálculo da distância (Arduino, 2018)

O valor de referência para as zonas costeiras até 100 metros de altura sob o nível da água deveria ser de 29,1 g.mol⁻¹, podendo existir uma variação mínima perante extremos de temperatura, tanto máxima como mínima. Os testes efetuados com o valor de referência levou a que o sensor devolvesse valores anormais em relação ao medido na realidade. Esta diferença pode ter várias origens, nomeadamente a temperatura ou uma má calibração de fábrica do sensor. Determinou-se assim a necessidade de efetuar um ajuste na fórmula, de forma a garantir a veracidade dos dados, sendo necessário determinar o valor exato da variável atribuída à massa molar do ar para que o valor da distância fosse correto. Para determinar essa variável, optou-se por efetuar o cálculo de forma inversa, ou seja, o sensor foi colocado à distância exata de 16 cm do objeto mais próximo e obtemos a duração do sinal até devolver o *echo*. Sabendo dois valores de três variáveis determinou-se assim o valor da variável como sendo de 36,375 g.mol⁻¹.

5.1.3 Demonstração

Para efeitos de demonstração, o protótipo atual encontra-se configurado para efetuar uma leitura a cada 30 segundos, enviando o resultado para um canal publico no site www.thingspeak.com, podendo ser visualizadas as leituras no endereço <https://thingspeak.com/channels/395956>. Este site é uma plataforma de análise de dados de dispositivos *IoT*, possibilitando agregar, visualizar ou analisar dados em tempo real a partir da *cloud*, mostrando instantaneamente os dados enviados pelos dispositivos. Além das capacidades descritas, este site possui ainda a análise de dados em ambiente MATLAB⁶ e acionar tarefas com base em valores lidos, como por exemplo, acionar uma ventoinha quando a temperatura de uma sala atinge os 25 graus centígrados. Esta plataforma, a ThingSpeak, permite a utilização de canais gratuitos de envio de dados até um máximo de três milhões de envios por ano, cerca de 8200 comunicações por dia.

No âmbito do projeto, estima-se que apenas sejam necessárias duas leituras diárias. Uma vez que a recolha é efetuada durante o horário noturno, a realização de uma leitura pelas 12h00 permite visualizar o estado geral dos contentores cerca de 9 horas antes do início da

⁶ Software interativo de alta performance direcionado para o cálculo numérico

atividade de recolha e ativar, caso seja necessário, alguma recolha urgente ainda antes do período normal de recolha. Ao realizar uma leitura final antes do início das recolhas, permite saber o panorama geral antes do início da atividade de recolha.

5.2 Análise do Investimento

Com a análise financeira pretendemos não só determinar a rentabilidade da utilização do referido dispositivo, assim como o *payback* do mesmo. Importa salientar que o ficheiro de dados de qualidade do serviço, cedido pelo Município de Setúbal foi a principal fonte de análise e trabalho do presente estudo.

O regime financeiro das autarquias locais adota o princípio da autonomia financeira⁷, que possuem património e finanças próprios cuja gestão compete aos respetivos órgãos, que no caso do município é a assembleia municipal (órgão deliberativo) e a camara municipal (órgão executivo). Este regime estabelece as regras orçamentais, dispostas no capítulo IV da Lei n.º 73/2013, de 3 de setembro, às quais estas entidades estão sujeitas. Assim sendo, e uma vez que as verbas orçamentais traduzidas em receita são limitadas, a contenção de custos é essencial.

Todos os municípios têm de apresentar anualmente um relatório de gestão, segundo o disposto no ponto 13 do Plano Oficial de Contabilidade das Autarquias Locais (POCAL), anexo ao Decreto-Lei n.º 54-A/99 de 22 de fevereiro, com o objetivo de esclarecer não só as origens das receitas e despesas da organização, assim como a situação económica e financeira relativo ao ano em análise.

O Relatório de Gestão (2016) produzido pela Câmara Municipal de Setúbal, a que diz respeito o período entre 01 de janeiro e 31 de dezembro de 2016, consta que os compromissos de execução orçamental ascendem a um total de 31 811 769,50 € sendo que para a rubrica dos resíduos sólidos foram assumidos compromissos de 4 516 832,70 €, o que revela que a atividade dos RSU tem um peso de 14% do total.

Ao verificar os dados cedidos pela organização, podemos constatar que na atividade de recolha de RSU, durante o ano de 2016, foram utilizados um total de 23 viaturas com diferentes níveis de afetação, tendo realizado 431 335,50 quilómetros e consumindo 252 410,02 litros de combustível. A afetação variável das viaturas ocorre devido à disponibilidade das mesmas, uma vez que não se encontram todas disponíveis todo o ano devido a avarias, ações de manutenção programadas e não programadas, assim como devido à falta de operadores das mesmas devido a férias, baixas médicas, plenários sindicais, etc. De facto, existe uma variabilidade de utilização

⁷ <http://www.portautarquico.pt/pt-PT/financas-locais/>

bastante significativa, com mínimos de 4 e máximos de 15 viaturas em utilização simultânea em dias contíguos. O gráfico abaixo (ver Gráfico 1) mostra que na maior parte dos dias foram utilizadas entre 10 a 12 viaturas.

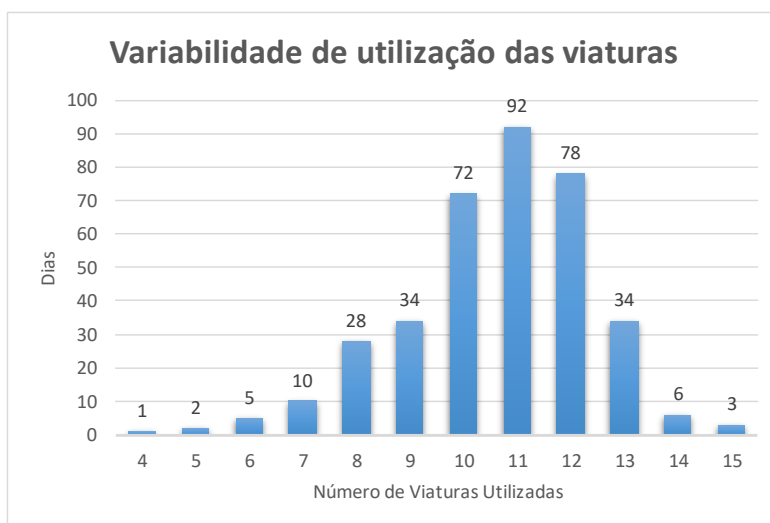


Gráfico 1 - Variabilidade da utilização das viaturas

Em termos anuais e pela dispersão gráfica é possível verificar que, nos primeiros cinco meses do ano a amplitude de viaturas em utilização diária é pouco significativa, com diferenças de 4/5 viaturas, iniciando nos meses seguintes e até ao final do ano uma maior amplitude, em que podemos salientar o dia 04 de agosto com a utilização de 12 viaturas e no dia seguinte apenas com 4 com uma redução para menos de metade, conforme podemos verificar no gráfico abaixo (ver Gráfico 2).

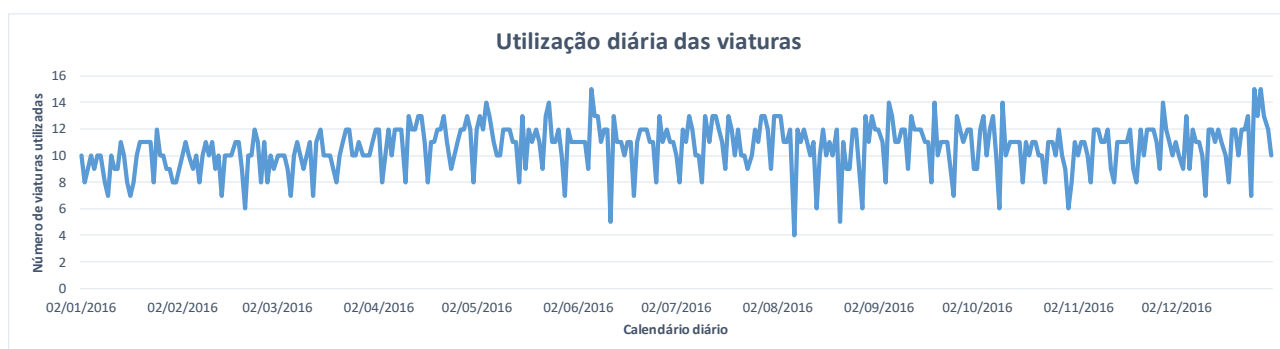


Gráfico 2 - Dispersão diária da utilização das viaturas

A nível de custos gerais, e não havendo os custos de manutenção das viaturas, ficamos reduzidos a custos de RH e combustível, tendo uma distribuição dos mesmos numa proporção de 77% e 23% respetivamente, como podemos verificar no gráfico abaixo (ver Gráfico 3).

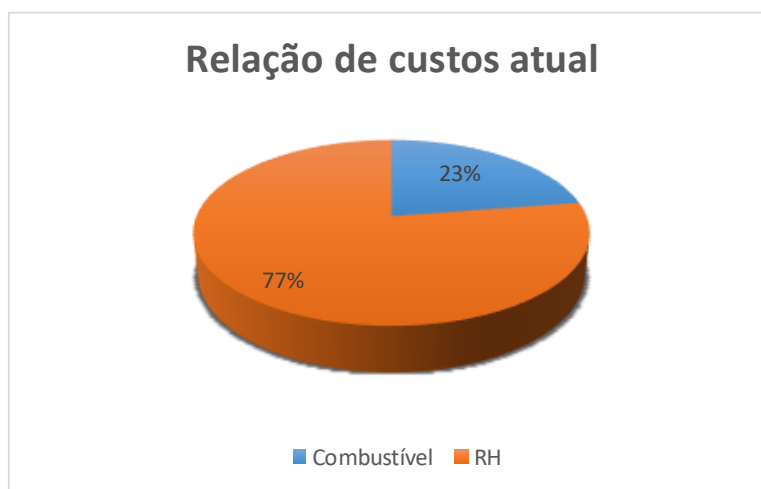


Gráfico 3 - Relação de custos RH/Combustível

Este gráfico mostra a percentagem de custos comparativamente entre combustível e RH, com os colaboradores com 100% de nível de afetação. A justificação para utilizar os dados dos colaboradores com 100% é que, se for reduzida uma viatura nas rotas de recolha diária, não vai reduzir a afetação de um dirigente ou de um eleito local, mas vai reduzir pelo menos três elementos com afetação a 100%: o motorista e os dois elementos que manobram os contentores.

5.2.1 Custos de Investimento

Neste projeto os custos de investimento são subdivididos em quatro áreas: protótipo, comunicações, RH em *outsourcing* e equipamentos das viaturas. O investimento no protótipo consiste no valor dos componentes do protótipo multiplicado pelas unidades necessárias a cobrir todos os contentores de recolha. O investimento em comunicações consiste no *gateway* e respetiva antena de ganho essencial à comunicação dos protótipos à *cloud*. O investimento em RH em *outsourcing* engloba os custos necessários em mão de obra especializada em tecnologias de informação para acompanhar não só o desenvolvimento assim como a manutenção do projeto. O investimento em equipamentos das viaturas contempla equipar as viaturas de recolha com tablets com ligação à internet.

A tabela abaixo (ver Tabela 5), mostra o resumo dos elementos que compõem o dispositivo, que inclui informações como o nome técnico, a designação atribuída, as quantidades necessárias a produzir uma unidade, o preço unitário e o subtotal.

Equipamento necessário para produzir uma unidade				
Nome Técnico	Designação	Qt.	Preço Unit.	Subtotal
SR-04T	Medidor Distancia Ultrassónico	1	15,00 €	15,00 €
Lora Esp32	Wifi Board MiniProcessor	1	23,90 €	23,90 €
Bateria 18650 4000mAh	Pilha Recarregável	2	5,00 €	10,00 €
Caixa estanque	Legrand 80x80mm	1	3,75 €	3,75 €
			Total	52,65 €
Total para 3538 unidades				186 275,70 €

Tabela 5 – Lista de componentes do dispositivo

O custo de produção de uma unidade do dispositivo de leitura com os quatro componentes básicos ascende a um total de 52,65 €, sendo que para produzir as 3 538 unidades necessárias ao projeto temos um custo total de 186 275,70 €. Estes valores podem ser reduzidos efetuando a compra da totalidade dos componentes ao mesmo fornecedor, ou em casos extremos, importando diretamente do fabricante no país de origem, tendo o custo acrescido das despesas alfandegárias.

No que à receção das comunicações dizem respeito, são compostos por dois componentes: um *gateway* e uma antena de ganho. Prevê-se a instalação destes equipamentos em dois edifícios municipais na cidade de Setúbal (Edifício Sado e Quartel da Companhia de Bombeiros Sapadores de Setúbal) e um terceiro equipamento em Azeitão (Museu Sebastião da Gama).

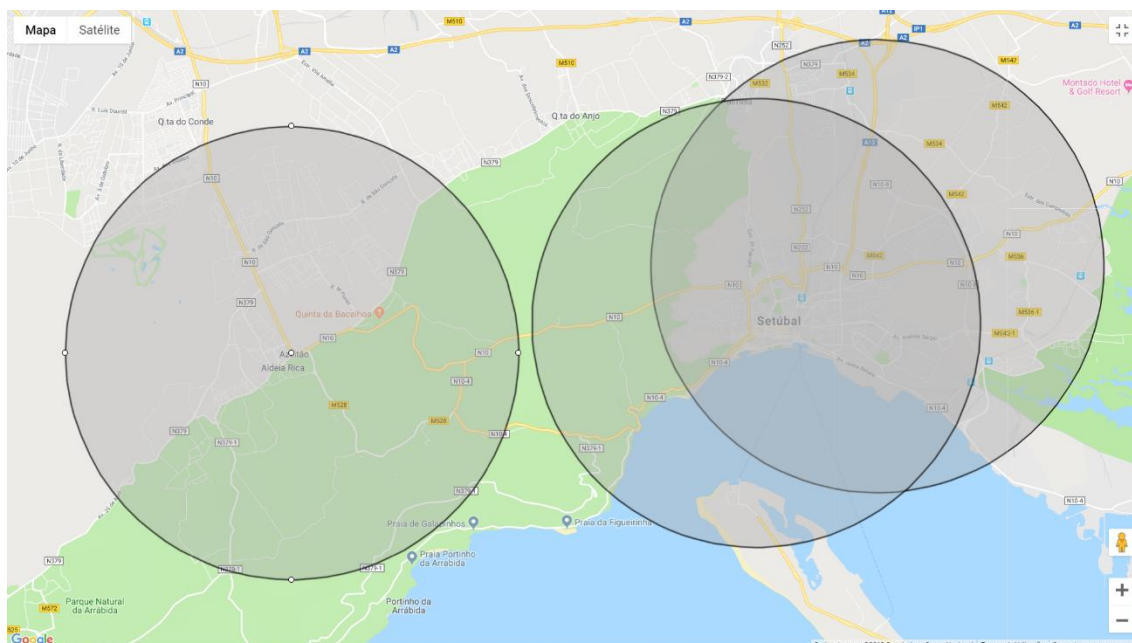


Figura 9 - Mapa de cobertura das antenas Lora

As fichas técnicas dos fabricantes afirmam que em condições ótimas as comunicações podem atingir um máximo de 32 quilómetros, mas tendo em conta a morfologia geológica da cidade de Setúbal, optou-se por determinar um limite máximo de comunicação de 5 quilómetros, um valor bastante abaixo do máximo, mas um limite seguro que garante comunicações fiáveis. A imagem acima (ver Figura 9) mostra uma cobertura quase total da cidade com a disposição das antenas nos edifícios escolhidos.

Tendo em conta a instalação nos três edifícios municipais, ascende um total de 6 930,00 € garantindo assim uma cobertura completa (ver abaixo Tabela 6).

LoraWan Gateway			
Designação	Qt.	Preço Unit.	Subtotal
Cisco Lora GateWay (IXM-LPWA-800-16-K9)	3	2 000,00 €	6 000,00 €
Cisco Outdoor Antenna (ANT-LPWA-DB-O-N)	3	310,00 €	930,00 €
Total			6 930,00 €

Tabela 6 - Lista dos componentes de receção de comunicações

O custo associado aos RH em *outsourcing* inerentes ao projeto engloba três elementos: um *Business Analyst*, um *Application Developer* e um *IoT Developer*. A escolha de três elementos com diferentes especializações procura contemplar todas as necessidades possíveis ao desenvolvimento do projeto. Ao *Business Analyst* incumbe efetuar o levantamento de processos

de negócio e desenhar a *framework* de interação entre os diversos intervenientes do projeto. Ao *Application Developer* compete desenvolver a página web ou aplicação para *tablet* para que os motoristas possam visualizar os pontos de recolha nesses equipamentos. Ao *IoT Developer* cabem todas as tarefas relacionadas com o protótipo, desde a montagem ao despiste de avarias possíveis nos protótipos após entrada em funcionamento. De salientar que, à semelhança dos outros colaboradores do projeto, estes três intervenientes não possuem uma afetação a 100% à atividade de recolha de RSU, tendo-lhes sido atribuída uma afetação a 10% ao longo dos dois anos do projeto. Qualquer uma destas especializações são de técnicos junior, ou seja, em início de carreira, auferindo uma média de 2 500,00 € mensais, sendo que com uma afetação de apenas 10% e ao longo dos 24 meses de duração do projeto iriam auferir individualmente 7 380,00 €, com IVA incluído, sendo o total dos três especialistas orçado em 22 140,00 € (ver abaixo Tabela 7).

	Remuneração Base	% Afetação ao RSU	Número de meses ao serviço durante o período em análise	Valor Anual
Business Analyst	2 500,00 €	10%	24	6 000,00 €
Application Developer	2 500,00 €	10%	24	6 000,00 €
IoT Developer	2 500,00 €	10%	24	6 000,00 €
Subtotal				18 000,00 €
IVA				4 140,00 €
Total				22 140,00 €

Tabela 7 - Custos de investimento com RH

No que às viaturas dizem respeito, é necessário dotá-las de um sistema de visualização e comunicação que possibilite aos motoristas saberem quais os contentores a recolher e quais não são na realidade necessários efetuar a recolha. Este sistema passa por um simples *tablet* equipado com um cartão *sim* que permita ligação à internet via 3G. O tablet escolhido possui esta ligação e a aquisição de um pacote de dados, com a operadora que fornece estes serviços ao município para equipar os tablets, estima-se que tenha um custo de 7,5€ por cada cartão *sim* com um plafond de 3 Gb de internet, como podemos verificar na tabela abaixo (ver Tabela 8).

Designação	Qt.	Preço Unit.	Subtotal
TabletArchos 101c Xenon 10.1 6GB 3G	23	110,00 €	2 530,00 €
Cartao Sim 3G (subscrição 24 meses)	23	180,00 €	4 140,00 €
Total			6 670,00 €

Tabela 8 - Equipamentos para as viaturas de recolha

Resumidamente, o investimento efetuado ascende a 222 015,70 € conforme podemos observar na tabela abaixo (ver Tabela 9), e engloba todas as componentes descritas acima, desde a produção dos dispositivos, a receção das comunicações sob o protocolo LoraWan, os RH em *outsourcing* e os *tablets* de informação (incluindo 24 meses de internet) para as viaturas de recolha.

Designação	Preço
Produção de dispositivos de leitura	186 275,70 €
Recetor de Comunicações (LoraWan)	6 930,00 €
RH em Outsourcing	22 140,00 €
Equipamentos para Viaturas	6 670,00 €
Total Investimento	222 015,70 €

Tabela 9 - Resumo do Investimento

5.2.2 Custos com Recursos Humanos

Em termos de RH foram necessários para a atividade 113 colaboradores também com diferentes níveis de afetação. A afetação de RH é muito diferente da verificada nas viaturas, uma vez que se parte do princípio que os RH se encontram disponíveis 11 meses por ano, havendo assim necessidade de efetuar uma elevada rotatividade de colaboradores para manter operacional a atividade. Por outro lado, nem todos os colaboradores laboram para a atividade de recolha de RSU em exclusivo, como por exemplo o Presidente de Câmara que tem apenas 2,00% da sua atividade alocada à recolha de RSU, nomeadamente na análise e tomada de decisões estratégicas, ou um mecânico (com a categoria de assistente operacional) que poderá ter o seu tempo de trabalho dividido entre as viaturas da atividade de RSU e outras atividades de reparação/manutenção de viaturas de outros departamentos.

Em termos anuais e especificamente relativo ao ano de 2016, a atividade de recolha de RSU foi realizada em 352 dos 366 dias que o ano possuiu, apenas não efetuou recolhas em 14 dias relativos aos feriados nacionais e municipal (ver Tabela 10), o que se traduz em 96,17% do total dos dias do ano. Partindo do princípio que um colaborador cuja afetação ao serviço de recolha de RSU seja a 100% e que trabalha 11 meses do ano (cerca de 335 dias), constatamos que a necessidade de gestão da rotatividade dos colaboradores em “turnos” é extremamente

elevada, levando a que o serviço possua mais colaboradores para cobrir eventuais faltas por doença, acidentes, férias, etc.

Feriados do Ano	2016
Ano Novo	01/01/2016
Sexta-Feira Santa	25/03/2016
Páscoa	27/03/2016
Dia da Liberdade	25/04/2016
Dia do Trabalhador	01/05/2016
Corpo de Deus	26/05/2016
Dia de Portugal	10/06/2016
Assunção Nossa Sr. ^a	15/08/2016
Feriado Municipal	15/09/2016
Implantação da República	05/10/2016
Dia de Todos os Santos	01/11/2016
Restauração da Independência	01/12/2016
Nossa Sr. ^a . da Conceição	08/12/2016
Natal	25/12/2016

Tabela 10 - Feriados do calendário do ano de 2016

Para determinar os custos reais dos colaboradores com afetação a 100% na atividade de recolha de RSU foram calculados:

- Vencimento Base Médio - Soma do total de vencimentos dos colaboradores com afetação a 100% dividido pela soma cumulativa da afetação dos colaboradores com a mesma afetação de 100%, dividido pelos 12 meses do ano;
- Segurança Social/CGA – Cálculo de 23,75% do vencimento base médio;
- Seguro – Cálculo de 1% do vencimento base médio;
- Subsídio de Refeição – O subsídio de refeição pago pela organização é calculado multiplicando o valor unitário da refeição por uma média de 21 dias, multiplicado pelos 11 meses de trabalho e dividido pelos 12 meses do ano, uma vez que no mês de férias o colaborador não recebe este subsídio.

A tabela abaixo (ver Tabela 11) mostra que o custo real de um colaborador com base no vencimento médio é de 980,34 €, incluindo gastos com Segurança Social/Caixa Geral de Aposentações, seguro e subsídio de refeição.

Vencimento Base Médio	100%	719,96 €
Segurança Social/CGA	23,75%	170,99 €
Seguro	1%	7,20 €
Subsidio de Refeição	4,27 €	82,20 €
Total Médio por Colaborador		980,34 €

Tabela 11 - Resumo de gastos mensais por colaborador

Encontrado o valor de custo médio de um colaborador com afetação a 100% à atividade de recolha de RSU, constatamos que estes 69 colaboradores tiveram um custo ao município de 947 009,92 € em 2016.

5.2.3 Custos com combustível

Todas as viaturas utilizadas na atividade de recolha de RSU gastam como combustível gasóleo, sendo importante salientar que este é adquirido pelo município diretamente ao distribuidor, conseguindo assim um preço de retalho do mesmo, que em norma é cerca de dez cêntimos abaixo do custo num vulgar posto de abastecimento. Segundo o site MaisGasolina.com, o combustível gasóleo tinha em 2016 o custo médio de 1,191€⁸, sendo que retirando a este valor a margem de retalho perfaz o valor de 1,091€ por cada litro de combustível gasóleo, e que tendo sido gastos pelas viaturas em análise 252 410,02 litros, resulta num custo direto de 275 379,33 €.

As 23 viaturas utilizadas durante o ano de 2016 possuem diferentes características, nomeadamente em termos de tonelagem de tara, cilindrada e volume de caixa entre outros, que sendo de marcas diferentes, têm as mesmas tarefas. As viaturas em serviço possuem datas de matrícula entre 1986 e 2016, uma amplitude de 30 anos.

Os dados da tabela abaixo (ver Tabela 12) foram disponibilizados pelo Município, exceto a última coluna, a eficiência da viatura. A eficiência da viatura (ver abaixo Fórmula 2) é apurada dividindo o consumo médio pelo volume de carga, calculando assim o gasto em litros de combustível por cada metro cúbico transportado de RSU. Este rácio torna-se importante caso seja possível reduzir o número de viaturas em operação, podendo assim determinar que devem circular as mais eficientes (na tabela designado por “Eficiência”).

⁸ <https://www.maisgasolina.com/estatisticas-dos-combustiveis/>

$$\text{eficiência da viatura} = \frac{\text{consumo médio}}{\text{volume de carga}}$$

Fórmula 2 - Cálculo da eficiência das viaturas

Curiosamente, entre as três mais eficientes, encontram-se duas viaturas que, no ano em análise, teriam à data 18 anos de utilização.

Marca	Modelo	Matrícula	Data de Aquisição	Prestador	Fabricante da Caixa	Volume da Caixa (m3)	Consumo Médio (L/100km)	Eficiência
MAN	25.264 MVLC 2	30-05-JT	16/03/1998	Próprio	Ensolpor	20	47,04	2,35
Volvo	(n.d.)	09-PQ-86	13/03/2015	Próprio	Farid	20	51,09	2,55
MAN	25.264 MVLC 2	56-44-JL	13/01/1998	Próprio	Ensolpor	20	51,39	2,57
Volvo	2mh3c	98-QV-77	21/03/2016	Próprio	Farid	20	58,18	2,91
Mercedes Benz	1820 H/39 (652.127)	13-51-EB	28/07/1994	Próprio	Kuka	12	35,97	3,00
MAN	TGA 26230 6X2/4 BL	49-FG-24	26/02/2008	Próprio	Ensolpor	20	60,18	3,01
MAN	L 2007 46 010	87-NB-50	05/07/2012	Próprio	Arvoreense	12	40,42	3,37
Volvo	FM11	26-MC-59	16/08/2011	Próprio	Pottinger	20	67,40	3,37
MAN	18.280 4X2 BL 41.25	09-GN-70	23/09/2008	Próprio	Ensolpor	15	52,92	3,53
MAN	TGM 18.000 4X2 BL	96-HV-75	03/07/2009	Próprio	Ensolpor	15	54,40	3,63
Volvo	FM11	48-IH-73	22/10/2009	Próprio	Pottinger	20	76,61	3,83
Scania / BOM	(n.d.)	59-LT-54	08/06/2011	EGEO	Ros Roca	15	58,33	3,89
Volvo	FL 616-4000	TP-83-74	08/08/1986	Próprio	Haller	12	47,10	3,92
Mercedes Benz	1922 K/38 (656.107)	17-27-CF	07/06/1993	Próprio	Kuka	12	49,07	4,09
Mercedes Benz	1922 K/38 (656107)	02-15-BB	21/09/1992	Próprio	Kuka	12	49,81	4,15
MAN/BOM	(n.d.)	77-GN-66	29/09/2008	EGEO	Haller	15	63,07	4,20
Scania / BOM	(n.d.)	64-47-TE	01/03/2002	EGEO	Haller	15	63,97	4,26
Mercedes Benz	1922 K/38 (656.107)	17-28-CF	07/06/1993	Próprio	Kuka	12	52,43	4,37
Mercedes Benz	1922 K/38 (656107)	02-14-BB	21/09/1992	Próprio	Kuka	12	54,37	4,53
Volvo / BOM	(n.d.)	07-42-TQ	12/06/2002	EGEO	Haller	15	69,64	4,64
Scania / BOM	(n.d.)	29-HI-09	02/03/2009	EGEO	Gesink	16	75,50	4,72
Volvo / BOM	(n.d.)	83-76-QZ	01/01/2001	EGEO	Ros Roca	15	72,92	4,86
Mercedes Benz	1617 CK/39	PH-71-78	05/05/1988	Próprio	Kuka	12	59,82	4,98

Tabela 12 - Relação de viaturas

A análise aos dados fornecidos indicam ainda que pelo concelho de Setúbal estão distribuídos 3 538 contentores de superfície em 1 902 pontos de recolha. Não existindo forma de saber o estado de preenchimento dos contentores, partimos do princípio que todas as noites o conjunto de viaturas em utilização efetuam 1 902 paragens e anualmente um total de 667 602 paragens, que no ano em apreço resultaram num total de 431 335,50 quilómetros.

Entre os dados fornecidos pelo Município sobre as viaturas encontram-se os valores do combustível abastecido assim como dos quilómetros efetuados, permitindo confirmar a média vigente nos ficheiros da autarquia. Constatámos também que temos viaturas que efetuaram apenas 1 086,96 quilómetros enquanto outras fizeram 50 013,00 quilómetros, reforçando a ideia que haveria viaturas com maior utilização do que outras pelos motivos já indicados. Apesar de não existirem dados diretos desta utilização, com recurso aos dados das entregas de RSU por

parte das viaturas permite-nos saber quais foram utilizadas num determinado dia, assim como a quantidade de dias (dias de operacionalidade) que cada uma esteve em serviço durante o ano.

Desta forma, não existindo um controlo de quilómetros diários por viatura, mas sabendo o total de quilómetros efetuados anualmente e os dias que estiveram em serviço, podemos apurar uma média de quilómetros diários (ver abaixo Fórmula 3), dividindo o total de quilómetros efetuados em 2016 pelos dias de operacionalidade de uma determinada viatura (na tabela designado por Kms/Noite).

$$\text{média quilómetros diários} = \frac{\text{quilómetros efetuados}}{\text{dias de operacionalidade da viatura}}$$

Fórmula 3 - Cálculo dos quilómetros por noite de uma viatura

Apesar das informações contantes dos documentos, não é possível apurar de forma direta o número de paragens por noite e por viatura, sendo assim necessário recorrer a fórmulas de cálculo para determinar uma média, tendo em conta os quilómetros efetuados por cada uma e os dias de operacionalidade.

Em termos matemáticos é possível resolver um problema que envolve quatro números, dos quais se conhecem três, utilizando o método da regra de três simples em proporcionalidade direta, ou seja, encontrar um valor a partir de outros três conhecidos. A utilização desta metodologia é apenas possível se os números ou valores envolvidos forem diretamente ou inversamente proporcionais.

No caso em análise, são conhecidos os quilómetros anuais totais (Kms Efetuados) e o número de paragens anuais totais (pontos de recolha), assim como os quilómetros médios diários de uma viatura, sendo possível desta forma determinar o número médio de paragens por dia (Paragens/Dia) dessa mesma viatura pelo método visado em proporcionalidade direta (ver abaixo Fórmula 4).

$$\text{paragens por noite viatura} = \frac{\text{quilómetros diários viatura} \times \text{número paragens anuais}}{\text{quilómetros anuais viatura}}$$

Fórmula 4 - Cálculo das paragens por noite por viatura

A tabela abaixo (ver Tabela 13) mostra o apuramento dos cálculos efetuados.

Marca	Matricula	Média Efetuada (L/100Km)	Combustível Abastecido (L)	Kms Efetuados	Dias Operacionalidade	Kms/Dia	Paragens/Dia (Qt.)
MAN	87-NB-50	40,42	439,39	1087	20	54,35	84
Volvo	48-IH-73	76,61	5 602,36	7313	143	51,14	79
Volvo	26-MC-59	67,40	11 623,86	17245	230	74,98	116
Mercedes Benz	02-14-BB	54,37	6 643,69	12220	108	113,15	175
Mercedes Benz	02-15-BB	49,81	10 674,60	21430	191	112,20	174
MAN	49-FG-24	60,18	3 429,12	5698	61	93,41	145
MAN	09-GN-70	52,92	8 810,65	16650	146	114,04	177
Volvo	TP-83-74	47,10	4 296,62	9123	90	101,37	157
Mercedes Benz	PH-71-78	59,82	3 682,95	6157	82	75,09	116
Mercedes Benz	17-27-CF	49,07	16 200,91	33019	288	114,65	177
Mercedes Benz	17-28-CF	52,43	11 171,86	21310	216	98,66	153
Mercedes Benz	13-51-EB	35,97	7 748,97	21541	184	117,07	181
MAN	56-44-JL	51,39	5 542,05	10784	100	107,84	167
MAN	30-05-JT	47,04	7 996,53	17001	198	85,86	133
MAN	96-HV-75	54,40	10 953,13	20135	179	112,49	174
Volvo	09-PQ-86	51,09	14 074,36	27550	267	103,18	160
Volvo	98-QV-77	58,18	11 690,15	20093	221	90,92	141
VOLVO (e)	07-42-TQ	69,64	15 095,95	21677	158	137,20	212
SCANIA (e)	29-HI-09	75,50	19 492,27	25819	180	143,44	222
SCANIA (e)	59-LT-54	58,33	6 629,47	11366	147	77,32	120
SCANIA (e)	64-47-TE	63,97	31 992,80	50013	313	159,79	247
MAN (e)	77-GN-66	63,07	5 349,96	8482	44	192,77	298
Volvo (e)	83-76-QZ	72,92	33 268,37	45622	317	143,92	223

Tabela 13 - Relação de viaturas com indicação dos kms/dia e paragens/dia

Como se pode constatar, uma viatura que faça mais quilómetros numa noite terá mais paragens que uma com menos quilómetros devido à proporcionalidade direta. No entanto, não é possível efetuar somas de controlo tanto nos quilómetros/dia como nas paragens/dia uma vez que a utilização das viaturas não é constante ao longo do ano.

Sabendo desta forma os quilómetros efetuados por noite, os quilómetros totais da viatura e o combustível gasto anualmente por viatura apuramos o gasto de combustível por noite dessa viatura, que dividindo pelo número de paragens, apuramos o gasto de combustível em litros entre paragens efetuadas (ver abaixo Fórmula 5).

$$\text{combustível gasto por paragem} = \frac{\frac{\text{quilom. por noite} \times \text{gasto comb. anual viatura}}{\text{quilómetros efetuados totais da viatura}}}{\text{paragens por noite}}$$

Fórmula 5 - Cálculo do combustível gasto entre paragens

Com o apuramento do consumo de combustível gasto por paragem é possível apurar o custo de cada paragem tendo por base o custo do litro do combustível em referência para o ano em causa, já referido anteriormente, multiplicando os dois valores.

custo por paragem = combustível gasto por paragem × preço litro de combustível

Fórmula 6 - Cálculo das paragens por noite por viatura

A tabela abaixo (ver Tabela 14) é semelhante à anterior, tendo apenas mais duas colunas: o combustível gasto por paragem e o valor monetário da mesma indexado ao custo de combustível para a organização no ano em causa.

Marca	Matrícula	Média Efetuada (L/100Km)	Combustível Abastecido (L)	Kms Efetuados	Dias Operacionalidade	Kms/Dia	Paragens/Dia (Qt.)	Combustível Gasto/Paragem (L)	Custo/Paragem (€)
MAN	87-NB-50	40,42	439,39	1087	20	54,35	84	0,26	0,28
Volvo	48-IH-73	76,61	5 602,36	7313	143	51,14	79	0,49	0,54
Volvo	26-MC-59	67,40	11 623,86	17245	230	74,98	116	0,44	0,48
Mercedes Benz	02-14-BB	54,37	6 643,69	12220	108	113,15	175	0,35	0,38
Mercedes Benz	02-15-BB	49,81	10 674,60	21430	191	112,20	174	0,32	0,35
MAN	49-FG-24	60,18	3 429,12	5698	61	93,41	145	0,39	0,42
MAN	09-GN-70	52,92	8 810,65	16650	146	114,04	177	0,34	0,37
Volvo	TP-83-74	47,10	4 296,62	9123	90	101,37	157	0,30	0,33
Mercedes Benz	PH-71-78	59,82	3 682,95	6157	82	75,09	116	0,39	0,42
Mercedes Benz	17-27-CF	49,07	16 200,91	33019	288	114,65	177	0,32	0,35
Mercedes Benz	17-28-CF	52,43	11 171,86	21310	216	98,66	153	0,34	0,37
Mercedes Benz	13-51-EB	35,97	7 748,97	21541	184	117,07	181	0,23	0,25
MAN	56-44-JL	51,39	5 542,05	10784	100	107,84	167	0,33	0,36
MAN	30-05-JT	47,04	7 996,53	17001	198	85,86	133	0,30	0,33
MAN	96-HV-75	54,40	10 953,13	20135	179	112,49	174	0,35	0,38
Volvo	09-PQ-86	51,09	14 074,36	27550	267	103,18	160	0,33	0,36
Volvo	98-QV-77	58,18	11 690,15	20093	221	90,92	141	0,38	0,41
VOLVO (e)	07-42-TQ	69,64	15 095,95	21677	158	137,20	212	0,45	0,49
SCANIA (e)	29-HI-09	75,50	19 492,27	25819	180	143,44	222	0,49	0,53
SCANIA (e)	59-LT-54	58,33	6 629,47	11366	147	77,32	120	0,38	0,41
SCANIA (e)	64-47-TE	63,97	31 992,80	50013	313	159,79	247	0,41	0,45
MAN (e)	77-GN-66	63,07	5 349,96	8482	44	192,77	298	0,41	0,44
Volvo (e)	83-76-QZ	72,92	33 268,37	45622	317	143,92	223	0,47	0,51

Tabela 14 - Combustível gasto/paragem e custo/paragem

Estando quantificados os valores gastos em combustível, os custos entre paragens para cada viatura e sabendo o número de paragens em média por noite de recolha, facilmente podemos calcular uma possível poupança, pela instalação do dispositivo de leitura volumétrica.

5.3 Redução de Custos

Em relação aos gastos com as viaturas, nomeadamente ao combustível gasto, no ano de 2016, nos 352 dias de atividade de recolha de RSU em Setúbal, as 23 viaturas utilizadas efetuaram 1 902 recolhas diárias em 3 538 contentores num total de 669 504 paragens anuais, realizando uma média de 1 225,38 quilómetros por dia e 431 335,50 quilómetros anualmente, gastando para o efeito 252 410,02 litros de combustível gasóleo, sendo que o preço médio a

retalho deste combustível em 2016 era de 1,091 €, o gasto total em combustível se traduz em 275 379,33 €.

Resumidamente, a nível de RH, a atividade de recolha de RSU teve a intervenção de 113 colaboradores com uma afetação cumulativa de 89,75 colaboradores, sendo que dos 113 apenas 69 possuem uma afetação a 100% ao serviço de recolha de RSU. Estes colaboradores auferiram um vencimento médio de 719,96 € que incluindo os gastos para a organização de segurança social/caixa geral de aposentações, seguro e subsídio de refeição, ascendem a um custo mensal por colaborador de 980,34 €. Tendo como base apenas os 69 colaboradores com afetação a 100%, estes custaram à organização no ano em referência o valor de 947 009,92 €.

Em relação ao protótipo, para produzir um dispositivo de leitura completo, assumindo uma assemblagem desenvolvida na íntegra pela organização, a aquisição dos componentes tem o custo de 52,65 € por unidade, ascendendo a 186 275,70 € para produzir as 3 538 unidades necessárias a equipar todos os contentores de retenção de RSU de superfície do concelho de Setúbal.

Perspetivada a situação financeira dos custos globais, abrangendo os custos com RH, combustíveis e de produção dos dispositivos de leitura, resta apenas realizar o cálculo da possível redução de custos, que a confirmarem-se, são na realidade ganhos financeiros.

Com a implementação do sistema, os contentores de retenção de RSU seriam “lidos” quanto ao seu preenchimento e comunicariam o seu estado de ocupação antes do início das rotas, podendo estas serem mantidas, mas com menos paragens ou em casos mais dinâmicos e com o apoio de aplicações informáticas próprias, com novas rotas adaptadas à volumetria dos contentores no dia em questão.

Apesar de não existirem dados de suporte de qual seria a poupança estimada, um estudo afirma que a poupança nos requisitos de transporte de RSU seriam de cerca de 25% (Gamero, 2018). No entanto, o investigador tomou por base três estimativas de redução: 10%, 20% e 30%. Estas três estimativas de redução de paragens são os valores previstos pelo investigador, entre os quais se devem vir a constatar na realidade após a instalação dos dispositivos nos contentores de retenção de RSU. O valor mais baixo, o de 10%, é um valor improvável tendo em conta o aumento da dispersão de contentores novos nos últimos anos e a redução da tonelagem recolhida. O valor de 20%, o valor em análise intermédio, será segundo o investigador, o valor mais aproximado da realidade e do estudo mencionado acima. O valor de 30% de redução de paragens será o valor que superaria todas as expectativas e, certamente, para o qual converge com o aumento do número de contentores ao longo dos anos.

A redução do número de paragens tem consequências financeiras diretas e indiretas na atividade de recolha de RSU. Diretas pela redução de combustível gasto (assim como de manutenção e peças não contemplados neste estudo) e indiretas pela redução dos RH necessários, uma vez que reduzindo o número de paragens, deixa de ser necessária a mesma quantidade de viaturas em utilização e os operadores respetivos.

Possuindo o concelho de Setúbal 3 538 contentores distribuídos por 1 902 pontos únicos de recolha diários, uma redução de 10%, 20% ou 30% nos pontos de recolha significaria que seriam efetuadas menos paragens diariamente, como podemos observar na tabela abaixo (ver abaixo Tabela 15).

	Atual	Redução		
		10%	20%	30%
Pontos de Recolha	1 902	1712	1522	1331

Tabela 15 - Pontos de recolha com previsão de redução

Em termos de viaturas, ao longo de 2016 foram utilizados 3 883 dias de viatura⁹, com uma utilização cumulativa de 12 viaturas que efetuaram 667 602 paragens anuais. Tendo anteriormente apurado o custo por paragem de cada viatura (ver acima Tabela 14), podemos calcular a poupança de cada viatura para cada um dos cenários previstos multiplicando as paragens por ano de uma viatura pela percentagem de redução de paragens, e este resultado multiplicado pelo custo por paragem da viatura em análise, conforme está demonstrado na fórmula abaixo (ver Fórmula 7).

poupança viatura

$$= (\text{paragens por ano} \times \% \text{ redução de paragens}) \times \text{custo por paragem}$$

Fórmula 7 - Cálculo da poupança por viatura

A tabela abaixo (ver Tabela 16) mostra os valores apurados de poupança para cada viatura e para cada cenário de redução de paragens. O somatório das colunas de poupança permite apurar a poupança total para cada cenário, em que os valores apurados variam entre

⁹ Somatório da utilização das viaturas de todos os dias do ano de 2016

os 27 537,93 € e os 82 613,80 € para os cenários mais e menos pessimistas de redução de poupança, respetivamente.

Marca	Matrícula	Paragens/Ano (Qt.)	Combustível Gasto/Paragem (L)	Custo/Paragem (€)	Custo Anual Comb./Viatura	Poupança reduzindo 10% paragens	Poupança reduzindo 20% paragens	Poupança reduzindo 30% paragens
MAN	87-NB-50	1 682,35	0,26	0,28	479,37 €	47,94 €	95,87 €	143,81 €
Volvo	48-IH-73	11 318,93	0,49	0,54	6 112,17 €	611,22 €	1 222,43 €	1 833,65 €
Volvo	26-MC-59	26 691,69	0,44	0,48	12 681,63 €	1 268,16 €	2 536,33 €	3 804,49 €
Mercedes Benz	02-14-BB	18 913,58	0,35	0,38	7 248,27 €	724,83 €	1 449,65 €	2 174,48 €
Mercedes Benz	02-15-BB	33 168,41	0,32	0,35	11 645,99 €	1 164,60 €	2 329,20 €	3 493,80 €
MAN	49-FG-24	8 819,11	0,39	0,42	3 741,17 €	374,12 €	748,23 €	1 122,35 €
MAN	09-GN-70	25 770,13	0,34	0,37	9 612,42 €	961,24 €	1 922,48 €	2 883,73 €
Volvo	TP-83-74	14 120,18	0,30	0,33	4 687,61 €	468,76 €	937,52 €	1 406,28 €
Mercedes Benz	PH-71-78	9 529,53	0,39	0,42	4 018,10 €	401,81 €	803,62 €	1 205,43 €
Mercedes Benz	17-27-CF	51 105,35	0,32	0,35	17 675,19 €	1 767,52 €	3 535,04 €	5 302,56 €
Mercedes Benz	17-28-CF	32 982,68	0,34	0,37	12 188,50 €	1 218,85 €	2 437,70 €	3 656,55 €
Mercedes Benz	13-51-EB	33 340,21	0,23	0,25	8 454,13 €	845,41 €	1 690,83 €	2 536,24 €
MAN	56-44-JL	16 691,00	0,33	0,36	6 046,38 €	604,64 €	1 209,28 €	1 813,91 €
MAN	30-05-JT	26 313,40	0,30	0,33	8 724,21 €	872,42 €	1 744,84 €	2 617,26 €
MAN	96-HV-75	31 164,06	0,35	0,38	11 949,86 €	1 194,99 €	2 389,97 €	3 584,96 €
Volvo	09-PQ-86	42 640,67	0,33	0,36	15 355,13 €	1 535,51 €	3 071,03 €	4 606,54 €
Volvo	98-QV-77	31 099,06	0,38	0,41	12 753,95 €	1 275,40 €	2 550,79 €	3 826,19 €
VOLVO (e)	07-42-TQ	33 550,70	0,45	0,49	16 469,69 €	1 646,97 €	3 293,94 €	4 940,91 €
SCANIA (e)	29-HI-09	39 961,51	0,49	0,53	21 266,07 €	2 126,61 €	4 253,21 €	6 379,82 €
SCANIA (e)	59-LT-54	17 591,79	0,38	0,41	7 232,75 €	723,28 €	1 446,55 €	2 169,83 €
SCANIA (e)	64-47-TE	77 407,91	0,41	0,45	34 904,15 €	3 490,41 €	6 980,83 €	10 471,24 €
MAN (e)	77-GN-66	13 128,06	0,41	0,44	5 836,80 €	583,68 €	1 167,36 €	1 751,04 €
Volvo (e)	83-76-QZ	70 611,71	0,47	0,51	36 295,80 €	3 629,58 €	7 259,16 €	10 888,74 €
Total Poupança						27 537,93 €	55 075,87 €	82 613,80 €

Tabela 16 - Poupança por viatura

Na sequência do total de poupança apurado na tabela acima, podemos verificar no gráfico abaixo (ver Gráfico 4) os valores previstos de poupança para os cenários de 10%, 20% ou 30% de redução de paragens.

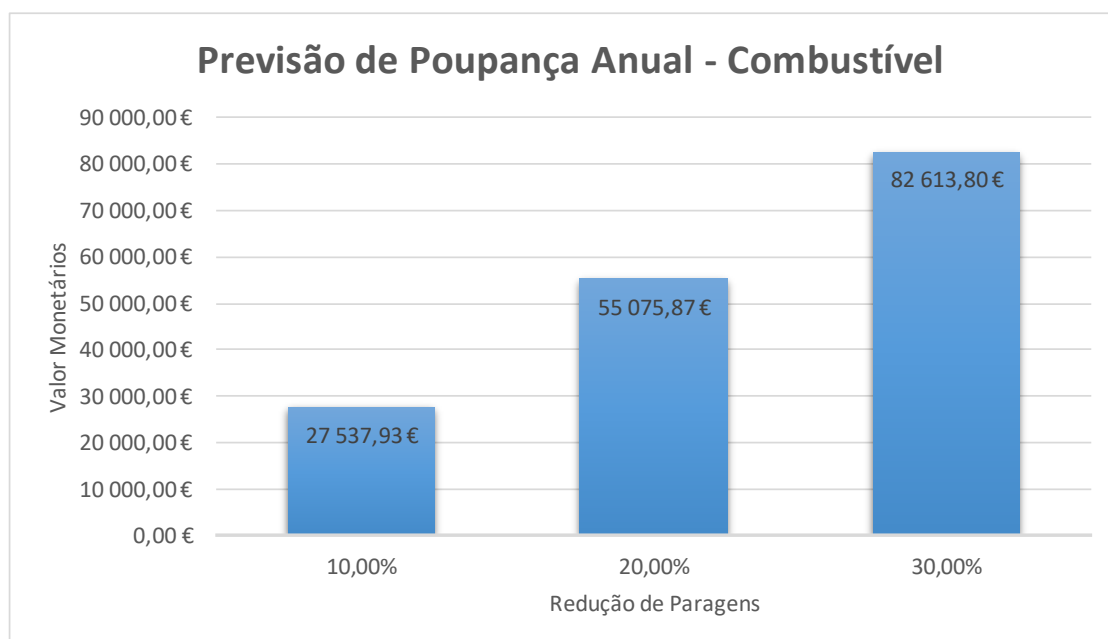


Gráfico 4 - Previsão de Poupança Anual em Combustível

O gráfico abaixo (ver abaixo Gráfico 5) salienta a previsão de redução de custos com combustível comparativamente com o valor total gasto atualmente, baseando-se na redução de paragens motivada pela recolha dos contentores que efetivamente necessitam ser recolhidos. A cor azul representa o valor que se estima que seja poupado nos gastos operativos em combustível perante os cenários de 10%, 20% ou 30% de redução de paragens, enquanto que a cor laranja representa o valor que seria gasto após a poupança.

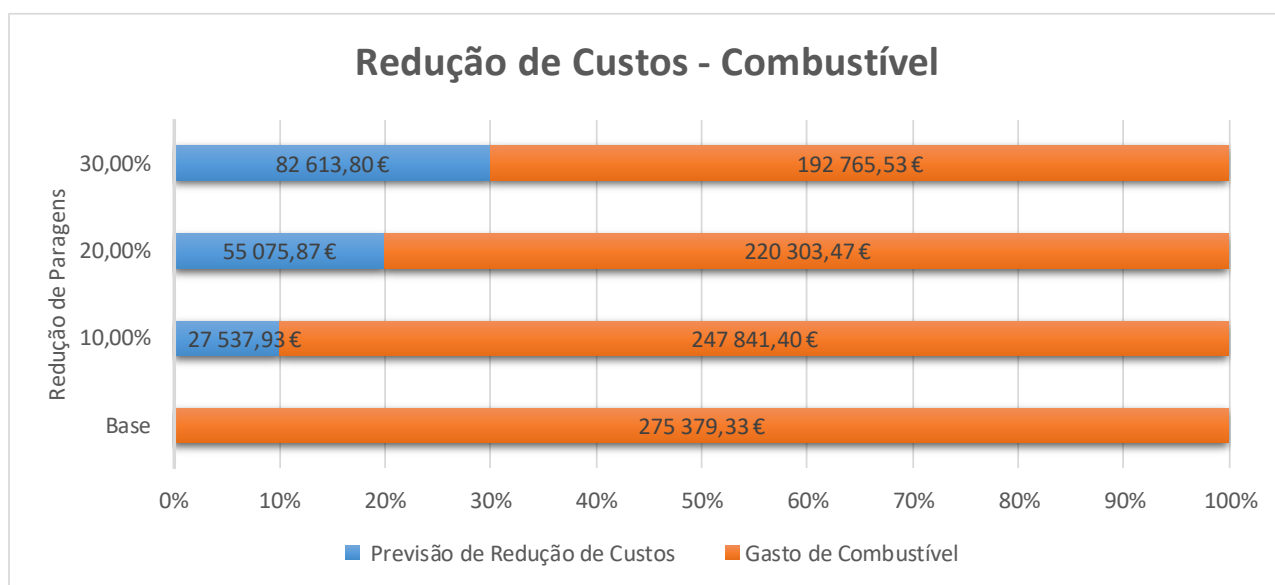


Gráfico 5 - Redução de Custos - Combustível

Como podemos analisar pela tabela abaixo (ver Tabela 17) , com a redução de paragens previstas haverá menor utilização das viaturas e consequentemente uma menor necessidade de RH traduzido numa redução financeira entre 94 700,99 € para o cenário menos otimista de 10% de redução de paragens, de 189 401,98 € para o cenário intermédio de 20% de redução de paragens e os 284 102,98 € para o cenário mais otimista de 30% de redução de paragens. Para determinar os valores dos dias/viatura, viaturas em utilização e RH necessários foram efetuados cálculos através de regra de três simples em proporcionalidade direta a partir dos valores base.

		Paragens Anuais	Dias/viatura	Viaturas em Utilização	RH Necessários	Gasto RH	Previsão de Redução de Custos
Redução	Base	667 602	3 883	12	69	947 009,92 €	0,00 €
	10%	600 842	3 495	11	62	852 308,93 €	94 700,99 €
	20%	534 082	3 106	10	55	757 607,93 €	189 401,98 €
	30%	467 321	2 718	8	48	662 906,94 €	284 102,98 €

Tabela 17 - Previsão de redução financeira em RH

Como podemos constatar abaixo (ver abaixo Gráfico 6), é notória a redução de custos anuais em RH perante os diversos cenários de redução de paragens.

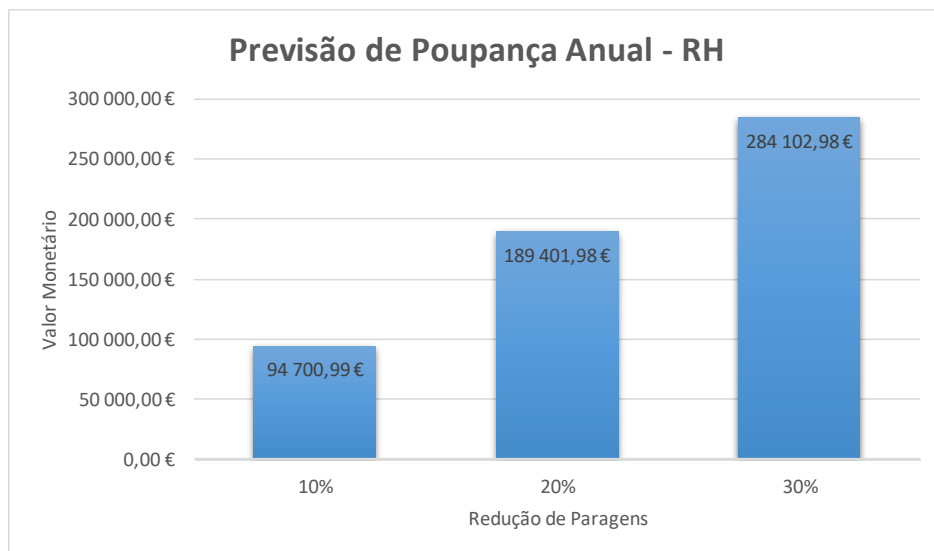


Gráfico 6 - Previsão de Poupança Anual em RH

O gráfico abaixo (ver Gráfico 7) salienta a previsão de redução de custos com RH comparativamente com o valor total gasto atualmente. A cor azul representa o valor que se estima que seja poupado nos gastos operativos em RH perante os cenários de 10%, 20% ou 30% de redução de paragens, enquanto que a cor laranja representa o valor que seria gasto após a poupança.

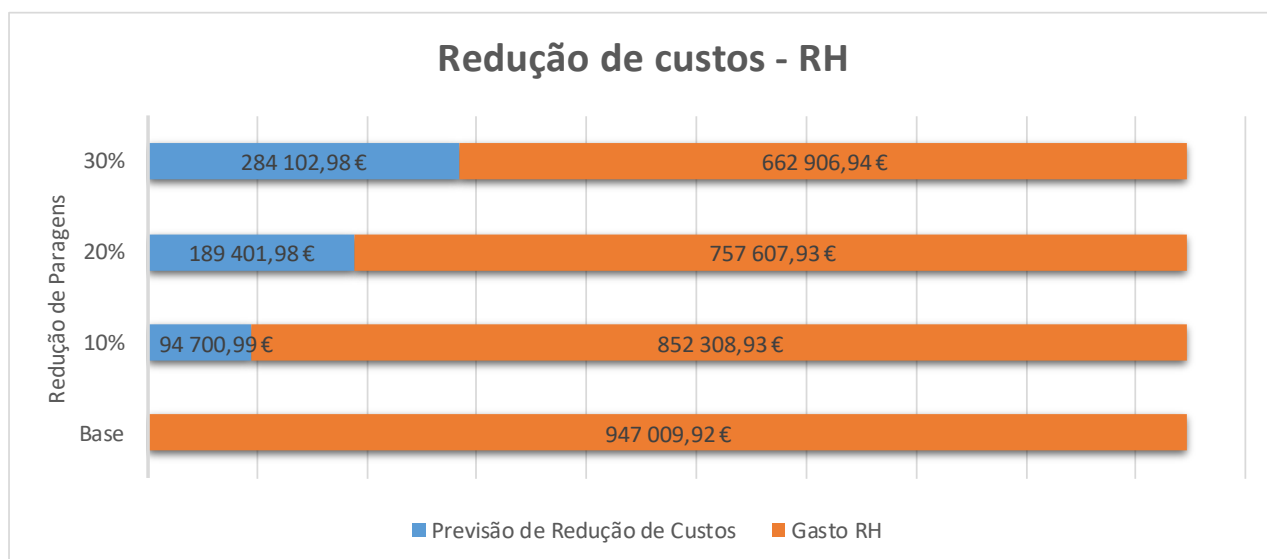


Gráfico 7 - Redução de Custos - RH

Em termos absolutos, avaliando tanto combustíveis como RH, verificamos que o gasto atual de combustível é de 275 379,33 € e de RH é de 947 009,92 € num total de 1 222 389,25 € com uma proporção de 23%/77% respetivamente para gastos com combustível e RH, como podemos constatar na tabela abaixo (ver Tabela 18).

	Combustível	RH	Gasto Total	Previsão de Redução de Custos
Gasto Atual	275 379,33 €	947 009,92 €	1 222 389,25 €	0,00 €
Redução de 10% Paragens	247 841,40 €	852 308,93 €	1 100 150,33 €	122 238,93 €
Redução de 20% Paragens	220 303,47 €	757 607,93 €	977 911,40 €	244 477,85 €
Redução de 30% Paragens	192 765,53 €	662 906,94 €	855 672,48 €	366 716,78 €

Tabela 18 - Poupança total prevista

Perante o cenário menos ambicioso de uma redução de 10% de paragens efetivamos uma diminuição dos custos totais, passando de 1 222 389,25 € para 1 100 150,33 €, uma redução de 122 238,93 €. Na situação da redução de paragens em 20%, a diminuição de custos totais passa para 977 911,40 €, ou seja, são menos 244 477,85 € que o valor gasto em 2016. No caso da redução de paragens atingir os 30%, iremos constatar uma redução dos custos totais para 855 672,48 €, um valor inferior ao gasto na realidade em menos 366 716,78 €, como podemos verificar no gráfico abaixo (ver Gráfico 8). A cor azul representa o valor que se estima que seja poupado globalmente perante os cenários de 10%, 20% ou 30% de redução de paragens, enquanto que a cor laranja representa o valor que seria gasto após a poupança.

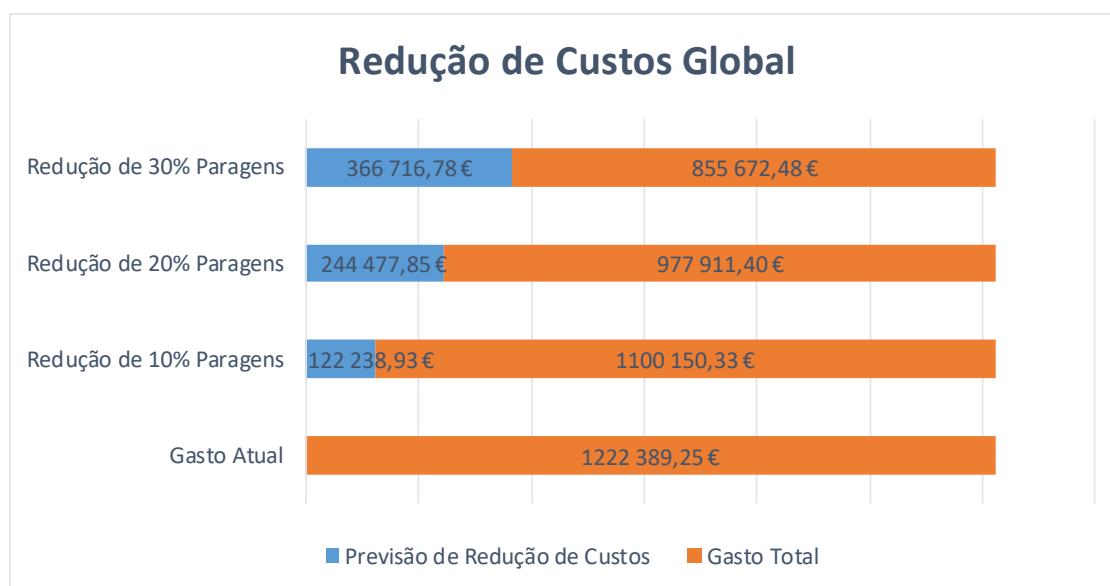


Gráfico 8 - Redução de Custos Global

5.3.1 Fluxo de Caixa e *Payback*

Estando contabilizados os custos associados à atividade de recolha de RSU e de implementação dos dispositivos, assim como os possíveis ganhos financeiros com a potencial redução de paragens de 10%, 20% ou 30%, torna-se imperativo calcular os fluxos de caixa e, mais importante, o *payback*.

O fluxo de caixa é um instrumento de gestão financeira de apoio à tomada de decisão, tendo como base o controlo da movimentação financeira num período de tempo finito, que contempla todas as entradas e saídas financeiras. No caso em apreço, contemplamos como saída financeira o investimento executado na construção dispositivo e como entrada financeira, o retorno do investimento efetuado, ou seja, a poupança obtida em RH e combustível.

A tabela abaixo (ver Tabela 19) mostra os fluxos de caixa possíveis tendo em conta a redução de paragens de 10%, 20% e 30%. Como podemos verificar, o investimento é fixo independentemente do número de paragens reduzidas, uma vez que o investimento não possui qualquer relacionamento direto ou indireto. Depende da redução de paragens o retorno previsto, que como podemos comprovar, aumenta, podendo chegar a mais de 30 000€ mensalmente no caso da redução de paragens em 30%.

	Investimento	Retorno Anual	Retorno Mensal
Redução de 10% paragens	222 015,70 €	122 238,93 €	10 186,58 €
Redução de 20% paragens	222 015,70 €	244 477,85 €	20 373,15 €
Redução de 30% paragens	222 015,70 €	366 716,78 €	30 559,73 €

Tabela 19 - Fluxos de caixa previstos

O *payback* é outro instrumento financeiro que calcula o tempo necessário para que se tenha retorno de um determinado investimento, sendo que a partir do *payback* o projeto passa a ser financeiramente vantajoso. Em muitos casos, é também visto como um indicador de risco, uma vez que um tempo de retorno demasiado elevado torna o investimento um risco face às variáveis externas. No caso em estudo, o tempo é sistematizado em semestres e subdividido em meses, para que possamos ter uma melhor compreensão do tempo até atingir o *payback*. Em termos funcionais, assumimos que no primeiro mês será efetuado o investimento global na aquisição de componentes e construção da totalidade dos dispositivos, e que seriam montados nos contentores durante esse mesmo mês, ficando todos os dispositivos em funcionamento de forma gradual até ao fim do mês de arranque do projeto. No primeiro dia do segundo mês do projeto já são efetuadas as leituras na sua plenitude de forma a tornar efetivas as poupanças financeiras previstas. A tabela abaixo (ver Tabela 20) mostra o *payback* previsto para a redução de 10% nas paragens.

O retorno mensal de 10 186,58 € para o cenário de redução de 10% das paragens apenas permite atingir o ponto de *payback* no 23º mês após o investimento, ou seja, no decorrer do 2º ano, chegando ao final desse ano com um saldo positivo de 12 275,57 €.





Fluxo de Caixa para Redução de 10% Paragens						
	Ano 1/Semestre 1					
	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho
	Investimento	222 015,70 €	- €	- €	- €	- €
	Retorno		10 186,58 €	10 186,58 €	10 186,58 €	10 186,58 €
	Fluxo de Caixa	- 222 015,70 €	- 211 829,12 €	- 201 642,55 €	- 191 455,97 €	- 181 269,39 €
	Ano 1/Semestre 2					
	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
	Investimento	- €	- €	- €	- €	- €
	Retorno	10 186,58 €	10 186,58 €	10 186,58 €	10 186,58 €	10 186,58 €
	Fluxo de Caixa	- 160 896,24 €	- 150 709,66 €	- 140 523,08 €	- 130 336,51 €	- 120 149,93 €
	Ano 2/Semestre 3					
	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho
	Investimento	- €	- €	- €	- €	- €
	Retorno	10 186,58 €	10 186,58 €	10 186,58 €	10 186,58 €	10 186,58 €
	Fluxo de Caixa	- 99 776,77 €	- 89 590,20 €	- 79 403,62 €	- 69 217,04 €	- 59 030,47 €
	Ano 2/Semestre 4					
	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
	Investimento	- €	- €	- €	- €	- €
	Retorno	10 186,58 €	10 186,58 €	10 186,58 €	10 186,58 €	10 186,58 €
	Fluxo de Caixa	- 38 657,31 €	- 28 470,74 €	- 18 284,16 €	- 8 097,58 €	2 089,00 €

Tabela 20 - Fluxo de caixa e payback para redução de 10% nas paragens

Como podemos verificar na tabela abaixo (ver Tabela 21), com a redução de 20% de paragens o *payback* situa-se no 12º mês do projeto, uma redução de 11 meses face ao cenário anterior, permitindo chegar ao final do 1º ano já com um saldo positivo de 2 089,00 € e no final do 2º ano com o saldo cumulativo de 246 566,85 €.





Fluxo de Caixa para Redução de 20% Paragens						
	Ano 1/Semestre 1					
	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho
	Investimento	222 015,70 €	- €	- €	- €	- €
	Retorno		20 373,15 €	20 373,15 €	20 373,15 €	20 373,15 €
	Fluxo de Caixa	- 222 015,70 €	- 201 642,55 €	- 181 269,39 €	- 160 896,24 €	- 140 523,08 €
	Ano 1/Semestre 2					
	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
	Investimento	- €	- €	- €	- €	- €
	Retorno	20 373,15 €	20 373,15 €	20 373,15 €	20 373,15 €	20 373,15 €
	Fluxo de Caixa	- 99 776,77 €	- 79 403,62 €	- 59 030,47 €	- 38 657,31 €	2 089,00 €
	Ano 2/Semestre 3					
	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho
	Investimento	- €	- €	- €	- €	- €
	Retorno	20 373,15 €	20 373,15 €	20 373,15 €	20 373,15 €	20 373,15 €
	Fluxo de Caixa	22 462,15 €	42 835,30 €	63 208,46 €	83 581,61 €	103 954,77 €
	Ano 2/Semestre 4					
	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
	Investimento	- €	- €	- €	- €	- €
	Retorno	20 373,15 €	20 373,15 €	20 373,15 €	20 373,15 €	20 373,15 €
	Fluxo de Caixa	144 701,08 €	165 074,23 €	185 447,38 €	205 820,54 €	226 193,69 €

Tabela 21 - Fluxo de caixa e payback para redução de 20% nas paragens

Verificando a tabela abaixo (ver Tabela 22), no cenário mais otimista de redução de 30% das paragens, o ponto de *payback* situa-se no 9º mês, uma redução de 3 meses face ao cenário anterior de 20% de redução de paragens e menos 14 meses que o previsto na redução de 10% das paragens. No final do primeiro ano do projeto, o saldo é positivo com o valor de 114 141,34 €, chegando ao final do 2º ano com o saldo cumulativo de 480 858,12 €.




	Fluxo de Caixa para Redução de 30% Paragens					
	Ano 1/Semestre 1					
	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho
	Investimento	222 015,70 €	- €	- €	- €	- €
	Retorno		30 559,73 €	30 559,73 €	30 559,73 €	30 559,73 €
	Fluxo de Caixa	- 222 015,70 €	- 191 455,97 €	- 160 896,24 €	- 130 336,51 €	- 99 776,77 €
	Ano 1/Semestre 2					
	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
	Investimento	- €	- €	- €	- €	- €
	Retorno	30 559,73 €	30 559,73 €	30 559,73 €	30 559,73 €	30 559,73 €
	Fluxo de Caixa	- 38 657,31 €	- 8 097,58 €	22 462,15 €	53 021,88 €	83 581,61 €
	Ano 2/Semestre 3					
	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho
	Investimento	- €	- €	- €	- €	- €
	Retorno	30 559,73 €	30 559,73 €	30 559,73 €	30 559,73 €	30 559,73 €
	Fluxo de Caixa	144 701,08 €	175 260,81 €	205 820,54 €	236 380,27 €	266 940,00 €
	Ano 2/Semestre 4					
	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
	Investimento	- €	- €	- €	- €	- €
	Retorno	30 559,73 €	30 559,73 €	30 559,73 €	30 559,73 €	30 559,73 €
	Fluxo de Caixa	328 059,46 €	358 619,19 €	389 178,93 €	419 738,66 €	450 298,39 €

Tabela 22 - Fluxo de caixa e payback para redução de 30% nas paragens

Para qualquer dos cenários apresentados, o ponto de *payback* é sempre inferior aos dois anos, tempo considerado aceitável para um projeto deste género. O facto do ponto de *payback* se situar entre o 23º e o 9º mês do projeto mostra que o retorno é atingível, mesmo no cenário mais conservador e pessimista.

No entanto, um investimento tão elevado pode ser altamente controverso, não só por ser na área dos RSU, como também pelo dispositivo e a tecnologia ainda em desenvolvimento, mas não firmada na sociedade em geral. Apesar do termo *SmartCity* ser cada vez mais falado, ainda não é o suficiente para demonstrar que é possível reduzir custos e melhorar os serviços prestados. Tendo em conta de que um executivo municipal em funções, cuja duração é de aproximadamente quatro anos, e uma vez que a previsão de conclusão do projeto é inferior a dois anos, a implementação do projeto seria benéfica às populações.

6 Conclusão

A elaboração do presente trabalho acadêmico possibilitou o desenvolvimento de um protótipo com base na arquitetura *IoT* para leitura do estado de preenchimento de contentores de RSU. Além disso, permitiu também a realização de uma análise de investimento para a concepção do referido protótipo e respetiva análise de redução dos custos operacionais promovidos pela utilização do protótipo.

Para tal, o trabalho produzido apoiou-se nos dados cedidos pela organização, utilizados também para a avaliação pela ERSE acerca do serviço prestado às populações na atividade de recolha de RSU.

Em termos de metodologia, para o protótipo foi utilizado principalmente uma lógica empírica no seu desenvolvimento, enquanto que para a análise financeira e do investimento foram realizados os cálculos matemáticos e financeiros necessários à obtenção dos resultados apurados.

De um modo geral, a atividade de recolha de RSU na cidade visada é uma operação pouco dinamizada: as viaturas de recolha têm obrigatoriamente de parar para verificar o estado de preenchimento dos contentores e em seguida efetuarem a recolha para a viatura, caso seja necessário. Se não for necessário devido ao contentor não estar preenchido, a equipa não efetua a recolha e continua o trajeto para verificar o estado de preenchimento dos próximos contentores, ou seja, acaba por efetuar paragens em todos os pontos de recolha mesmo que não seja necessário, levando à ineficiência da atividade.

O protótipo desenvolvido permite à equipa de recolha saber antecipadamente qual o estado de preenchimento dos contentores, sendo que a decisão de paragem deixa de ser obrigatória, passando a ser uma opção assente em informações recebidas a partir dos dispositivos instalados nos contentores de recolha.

A realização de testes ao dispositivo em fase de protótipo, em ambiente laboratorial, mostra que o dispositivo concebido apresenta um comportamento estável com os componentes escolhidos, sendo que este objetivo proposto foi alcançado.

A análise ao investimento e respetivo *payback* mostram que se a montagem do dispositivo for efetuada pela organização, os custos são relativamente baixos, tendo em conta que é uma solução “desenhada à medida”. Apurando que o *payback* do investimento foi

calculado entre o 9º e o 23º mês, um prazo inferior a dois anos, como mostram as Tabelas 16, 17 e 18, encontra-se demonstrado que este objetivo proposto foi alcançado com sucesso.

A análise financeira efetuada à alteração de custos, com base na redução de 10%, 20% ou 30% no número de paragens das viaturas de recolha de RSU, prevê-se uma redução anual mínima de 122 238,93 € e máxima de 366 716,78 € com base na utilização do dispositivo, tendo sido atingido o ultimo objetivo proposto.

Desta forma, podemos afirmar que todos os objetivos propostos foram alcançados com sucesso, tendo sido provado que é possível construir um protótipo e que a sua utilização será vantajosa financeiramente, não só para Autarquia visada, assim como para os municípios que pagam a tarifa de RSU, sem contar com a redução da pegada ecologia, pela redução de viaturas em funcionamento e emissão de gases de combustão na atmosfera.

O conjunto de tarefas que foram propostas para a conclusão deste trabalho foram ambiciosas e desafiadoras uma vez que saía da “área de conforto” do investigador, e por esse motivo foram sobejamente recompensadoras.

Uma das vantagens do presente trabalho académico, além de ser integralmente executado com recurso a dados reais obtidos a partir do normal funcionamento dos serviços municipais, é que pode ser replicado a outros municípios a partir dos ficheiros de avaliação do serviço, enviados anualmente à ERSE, uma vez que estes dados estão normalizados a todos os municípios. Outra vantagem é a simplicidade do sistema proposto, que permite com relativa facilidade a obtenção dos dados de preenchimento dos contentores de recolha.

A Internet das Coisas promete ligar tudo e todos num ecossistema à escala global, onde nada nem ninguém tem de ficar de fora. Utilizar esta tecnologia em prol das populações é o passo certo rumo à melhoria da qualidade de vida dos habitantes das cidades em (r)evolução tecnológica. As *smartcities* impulsionam a utilização de dispositivos da Internet das Coisas, levando a que a mente humana desenhe amanhã os sonhos de hoje.

7 Perspetivas de Trabalho Futuro

Após esta etapa, outras se seguem até à entrada em produção do sistema. É indispensável a realização de testes adicionais ao protótipo em ambiente real de funcionamento, para aferir se os edifícios municipais cobrem toda a área prevista, ou se é necessário a utilização de mais equipamentos ou apenas a realocização das antenas de receção.

Analisando os contentores de retenção não previstos neste trabalho, será necessário redesenhar o protótipo em duas novas versões para os contentores enterrados, assim como para as papeleiras de rua. É importante focar que, sendo contentores de tipologias diferentes, possuem perfis de recolha diferentes. Os contentores enterrados possuem maior capacidade, pelo que a sua recolha não é diária, o que pode ser uma opção interessante efetuar neste tipo de contentores, uma recolha *on demand*, ou seja, apenas quando necessário. Para as papeleiras, o dispositivo pode ser mais pequeno e de características não tão exigentes, tornando o dispositivo financeiramente mais acessível.

Torna-se ainda necessário desenhar uma aplicação móvel a instalar nos equipamentos *tablet* para que transmita informações aos motoristas das viaturas ou a centros de gestão de recolha localizada (como por exemplo, nas juntas de freguesia para as papeleiras).

Finalizando esta breve menção de trabalhos futuros a executar, após a recolha de dados a enviar para a ERSAR, será importante verificar a redução de custos conseguida pela implementação dos protótipos nos contentores e compará-la com a leitura efetuada neste documento sobre o ano de 2016 e aferir o nível de sucesso prático do presente trabalho académico.

Num plano macro, importa salientar que este projeto faria sempre parte do início de reconstrução de uma cidade numa *SmartCity*, em que outros projetos podem ser desenhados em outras vertentes das SC. Na área da mobilidade e transportes, podemos usar as potencialidades do *IoT* no controlo dos semáforos e consequentemente na fluidez do trânsito, ou na gestão do auxílio à procura de estacionamento, *car* e *bike sharing* e transportes públicos inteligentes. Na área da energia, podem ser implementados projetos com vista à redução de custos com a iluminação pública, gestão de consumo em edifícios públicos ou orientação dinâmica de painéis solares. Na área do ambiente, além do projeto que é tema principal deste documento, podemos ainda idealizar o desenvolvimento de sensores de medição da qualidade do ar assim como de humidade e temperatura, podendo ainda ser de extremo auxílio no desenvolvimento da agricultura pela gestão automática de rega. Na área da saúde, podemos

dotar os pacientes e cidadãos comuns identificados com dificuldades cognitivas com pulseiras inteligentes que permitam a rápida localização dos mesmos.

Para colocar em prática todos estes projetos, é essencial que exista uma espinha dorsal, uma *framework* de funcionamento, que conjugue as mais diversas áreas (mobilidade, ambiente, saúde, etc.) e relacione as atividades com cada *stakeholder*. Este último desafio é a criação de uma organização que efetue a gestão de todos estes processos desde a conceptualização do problema ao desenvolvimento de protótipos, e à gestão da SmartCity com todos os seus subprojectos.

No entanto, as dificuldades são imensas uma vez que varia de cidade para cidade, as motivações e objetivos que levam a este tipo de transformação, com os mais variados níveis de maturidade de implementação (disperso, integrado ou conectado), a tipologia de transformação (radicais, incrementais ou ambientes micro), assim como o tipo de financiamento, seja ele público, de fundos europeus, privados ou outros.

8 Bibliografia

- Abid, A., Kachouri, A., & Mahfoudhi, A. (2017). Data Analysis and Outlier Detection in Smart City. *International Conference on Smart, Monitored and Controlled Cities (SM2C)*. Kerkennah, Tunisia.
- Akaslan, D., Taşkın, S., & Oğuz, Y. (2017). The Extensible Analogy for Supporting the Aspects of Smart Cities: Demander and Supplier. *ICSG Istanbul*. Istanbul.
- Arduino. (24 de 10 de 2018). *Ultrasound sensor JSN-SR04t (waterproof not working)*. Obtido de Arduino: <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=507402.0>
- Avalos, M., Larios, V., Salazar, P., Maciel, & Rocio. (2017). Hackathons, Semesterathons, and Summerathons as vehicles to Develop Smart City local talent that via their innovations promote synergy between Industry, Academia, Government and Citizens. *International Smart Cities Conference (ISC2)*. Wuxi, China.
- Bach, S. O. (2001). *A Gestão dos Sistemas de Informação*. Centro Atlântico.
- Barragán, R., García-Torales, G., Larios, V., & Ramírez, C. (2016). Low-power device for wireless sensor network for Smart Cities. *IEEE MTT-S Latin America Microwave Conference (LAMC-2016)*. Puerto Vallarta, Mexico.
- Bjørner, T. (2018). How are smart cities perceived by project leaders and participants in an ongoing project: the challenge of evaluating smart cities. *Smart City Symposium Prague (SCSP)*. Prague, Czech Republic.
- BP Portugal - Comércio de Combustíveis e Lubrificantes,SA. (21 de Março de 2018). *Ficha de Dados de Segurança - Gásleo*. Obtido de http://www.bp.com:https://www.bp.com/content/dam/bp-country/pt_pt/produtos-servicos/fichasseguranca/pdf/20150418/Gasoleo-Gasoleo-Rodoviario-Gasoleo-colorido-e-marcado.pdf
- Câmara Municipal de Setubal , D. (2017). *Balanço Social 2016*.
- Casino, F., Batista, E., Patsakis, C., & Solanas, A. (2015). Context-Aware Recommender for Smart Health. *IEEE First International Smart Cities Conference (ISC2)*. Guadalajara, Mexico.
- Ceballos, G., & Larios, V. (2016). A model to promote citizen driven government in a Smart City - Use case at GDL Smart City. *IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*. Trento, Italy.

Center for Liveable Cities and Urban Redevelopment Authorit. (2012). *Liveable & Sustainable Cities - Integrated Urban Solutions*. Singapore.

Centre d'Informatique pour la Région Bruxelloise. (01 de Outubro de 2018). *What is a Smart City*. Obtido de Brussels Smart City: <https://smartcity.brussels/the-project-definition>

Cheu, R. L., Horak, T., Ferregut, C., Svitek, M., & Postranecky, M. (2018). International dual master degrees program in smart cities. *Smart City Symposium Prague (SCSP)*. Prague, Czech Republic.

Cheu, R. L., Larios, V. M., Arrellano, R. M., Cabrera, S., Rosales, N. V., Mondragon, O., . . . Pribyl, O. (2018). An International Interdisciplinary Study Abroad Program on Smart Cities. *Smart City Symposium Prague (SCSP)*. Prague, Czech Republic.

Coelho, P. (2017). *Internet das Coisas - Introdução Prática*. Lisboa: FCA.

E. Monteiro, F. B. (2000). *Engenharia de Redes Informáticas*. Lisboa: FCA - Editora de Informática.

European Smart Cities. (01 de Outubro de 2018). *European Smart Cities*. Obtido de European Smart Cities: <http://www.smart-cities.eu/index2.html>

European Union. (01 de Outubro de 2018). *Cities and urban development*. Obtido de European Commission: https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development_en

Evans, B. W. (2007). *Arduino Programming Notebook*.

Foucault, J.-P., & Moulner-Boutang, Y. (2015). Towards Economic and Social "Sensors": Condition And model Of Governance and Decision-Making for an Organological Smart City. *International Conference on Smart and Sustainable City and Big Data (ICSSC)*. Shanghai, China.

Gaivéo, J. (2013). SMEs E-Business Security Issues. Em I. R. Association, *Small and Medium Enterprises: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (pp. 1219-1239). Business Science Reference.

Gamero, R. (12 de 09 de 2018). *Why do we need Smart Cities?* Obtido de Telefonica: <https://www.telefonica.com/es/web/public-policy/blog/articulo/-/blogs/why-do-we-need-smart-cities->

Ghosh, S. (2018). Smart Homes: Architectural and Engineering Design Imperatives for Smart City Building Codes. *Technologies for Smart-City Energy Security and Power (ICSESP)*. Bhubaneswar, India.

Haoyu, Z., Guomin, L., & Yaru, L. (2018). A Home Environment Monitoring Design on Arduino. *International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS)*. Xiamen, China.

Hayar, A., & Betis, G. (2017). Frugal Social Sustainable Collaborative Smart City Casablanca paving the way towards building new concept for “Future Smart Cities by and for All”. *Sensors Networks Smart and Emerging Technologies (SENSET)*. Beirut, Lebanon.

Hermano Carmo, M. M. (2008). *Metodologia da Investigação - Guia para a Auto-Aprendizagem*. Lisboa: Universidade Aberta.

IBM. (01 de Outubro de 2018). *Smarter Cities - New cognitive approaches to long-standing challenges*. Obtido de https://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/smarter_cities/overview/ IBM:

IEC. (11 de 09 de 2018). *Smart Cities*. Obtido de International Electrotechnical Commission: <http://www.iec.ch/smartcities/>

Karaduman, M., & Eren, H. (2017). Smart Driving in Smart City. *5th International Istanbul Smart Grid and Cities Congress and Fair (ICSG)*. Istanbul, Turkey.

Kleinrock, L. (1961). *Information Flow in Large Communication Nets*. Cambridge, Massachusetts.

Licklider, J., & Clark, W. E. (1962). *On-line man-computer communication*. San Francisco, California.

Lopes, N. (2017). Smart Governance: a Key Factor for Smart Cities Implementation. *IEEE International Conference on Smart Grid and Smart Cities (ICSGSC)*. Singapore, Singapore.

Matos, P. M. (2015). *Modelos de Negócio para a IdC Baseados em Big Data*. Lisboa.

Meola, A. (19 de 12 de 2016). *What is the Internet of Things (IoT)?* Obtido de Business Insider: <http://www.businessinsider.com/what-is-the-internet-of-things-definition-2016-8>

Miguel, A. (2006). *Gestão Moderna de Projectos, Melhores Técnicas e Práticas*. Lisboa: FCA.

Mourão, M. C. (1997). *Optimização de Rotas na Recolha de Resíduos Urbanos : Modelos e Algoritmos*. Lisboa. Obtido em 03 de Fevereiro de 2018, de <http://hdl.handle.net/10400.5/2814>

National Geographic. (12 de 09 de 2018). *Urban Treats*. Obtido de National Geographic: <https://www.nationalgeographic.com/environment/habitats/urban-threats/>

Novak, M., & Votruba, Z. (2016). Discussion of uncertainties factors in Smart Cities systems. *Smart Cities Symposium*. Prague.

Oliveira, A. d. (2004). *Análise do Investimento em Sistemas e Tecnologias da Informação e da Comunicação*. Lisboa: Edições Sílabo.

Pereira, A. M. (2018). Traffic Signal Control for Connected and Non-Connected Vehicles. *Smart City Symposium Prague (SCSP)*. Prague, Czech Republic.

Pla-Castells, M., Martinez-Durá, J. J., Samper-Zapater, J. J., & Cirilo-Gimeno, R. V. (2015). Use of ICT in Smart Cities. A practical case applied to traffic management in the city of Valencia. *Smart Cities Symposium*. Prague.

Prochazka, J., & Prochazkova, D. (2018). Smart cities and critical infrastructure. *Smart City Symposium Prague (SCSP)*. Prague, Czech Republic.

Qi, J., & Ba, Y. (2016). Smart City Construction Evaluation System Study Based On the Specialists Method and Analytic Hierarchy Process Method. *International Conference on Smart City and Systems Engineering (ICSCSE)*. Hunan, China.

Rascão, J. (2004). *Sistemas de Informação para as Organizações - a Informação Chave para a Tomada de Decisão*. Lisboa: Edições Silabo.

Rhee, S. (2016). Catalyzing the Internet of Things and Smart Cities: Global City Teams Challenge. *1st International Workshop on Science of Smart City Operations and Platforms Engineering (SCOPE)*. Vienna, Austria.

Rivera, R., Robledo, J. G., Larios, V., & Avalos, J. (2017). How Digital Identity on Blockchain can contribute in a smart city environment. *International Smart Cities Conference (ISC2)*. Wuxi, China.

Rouse, M. (8 de 11 de 2017). *What is Internet of Things (IoT)*. Obtido de techtarget.com: <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>

Schlender, B., Buffett, W., & Gates, B. (20 de Julho de 1998). *The Bill & Warren Show*. Obtido de Fortune.com: http://archive.fortune.com/magazines/fortune/fortune_archive/1998/07/20/245683/index.htm

Srinivasan, R., Mohan, A., & Srinivasan, P. (2016). Privacy Conscious Architecture for improving Emergency Response in Smart Cities. *Smart City Security and Privacy Workshop (SCSP-W)*. Vienna, Austria.

United Nations. (2017). *World Population Prospects - Key Findings & Advanced Tables*. New York.

United Nations. (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*.

Villanueva-Rosales, N., Garnica-Chavira, L., Victor M. Larios, V., Gómez, L., & Aceves, E. (2016). Semantic-enhanced Living Labs for better interoperability of Smart Cities solutions. *IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*. Trento, Italy.

Vodrazka, J., Jares, P., & Mejzrova, L. (2018). Methodology for Selection of Telecommunication Technology in Smart Applications and Networks. *Smart City Symposium Prague (SCSP)*. Prague, Czech Republic.

Wei, R. (2016). Research on Optimized Land Use Structure of Kunming under the Concept of Smart City--Analysis Based on Big Data of Urban Development. *International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City*. Changsha, China.

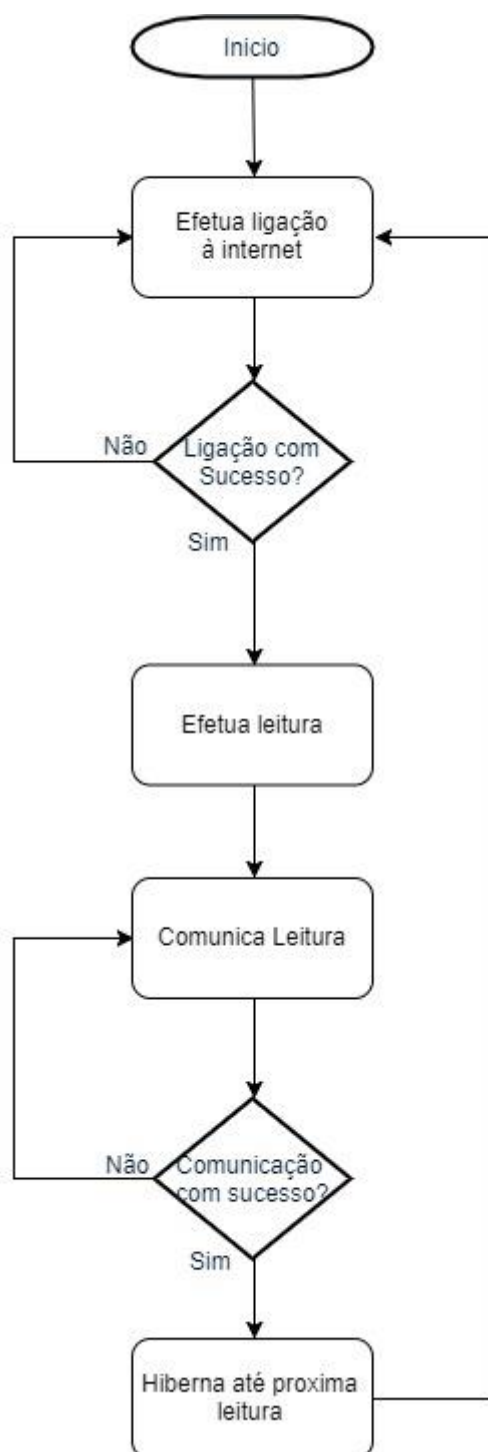
Xu, C., Huang, X., Zhu, J., & Zhang, K. (2018). Research on the Construction of Sanya Smart Tourism City Based on Internet and Big Data. *International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City*. Xiamen, China.

Zhao, J., & Wang, Y. (2015). Toward Domain Knowledge Model for Smart City: the Core Conceptual Model. *IEEE First International Smart Cities Conference (ISC2)*. Guadalajara, Mexico.

Zorrinho, C., & Anunciação, P. (2006). *Como gerir o choque tecnológico nas empresas*. Edições Silabo.

9 Apêndices

9.1 Apêndice 1 – Fluxograma de Funcionamento



10 Anexos

10.1 Anexo 1 – Ficha Técnica – ESP32

ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32)

Datasheet

Version 2.4



Espressif Systems

About This Guide

This document provides the specifications for the ESP32-WROOM-32(ESP-WROOM-32) module.

Revision History

For revision history of this document, please refer to the [last page](#).

Documentation Change Notification

Espressif provides email notifications to keep customers updated on changes to technical documentation. Please subscribe [here](#).

Certification

Download certificates for Espressif products from [here](#).

Disclaimer and Copyright Notice

Information in this document, including URL references, is subject to change without notice. THIS DOCUMENT IS PROVIDED AS IS WITH NO WARRANTIES WHATSOEVER, INCLUDING ANY WARRANTY OF MERCHANTABILITY, NON-INFRINGEMENT, FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE, OR ANY WARRANTY OTHERWISE ARISING OUT OF ANY PROPOSAL, SPECIFICATION OR SAMPLE.

All liability, including liability for infringement of any proprietary rights, relating to use of information in this document is disclaimed. No licenses express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights are granted herein. The Wi-Fi Alliance Member logo is a trademark of the Wi-Fi Alliance. The Bluetooth logo is a registered trademark of Bluetooth SIG.

All trade names, trademarks and registered trademarks mentioned in this document are property of their respective owners, and are hereby acknowledged.

Copyright © 2018 Espressif Inc. All rights reserved.

Contents

1 Overview	1
2 Pin Definitions	3
2.1 Pin Layout	3
2.2 Pin Description	3
2.3 Strapping Pins	5
3 Functional Description	6
3.1 CPU and Internal Memory	6
3.2 External Flash and SRAM	6
3.3 Crystal Oscillators	6
3.4 RTC and Low-Power Management	7
4 Peripherals and Sensors	8
5 Electrical Characteristics	9
5.1 Absolute Maximum Ratings	9
5.2 Wi-Fi Radio	9
5.3 BLE Radio	10
5.3.1 Receiver	10
5.3.2 Transmitter	10
5.4 Reflow Profile	11
6 Schematics	12
7 Peripheral Schematics	13
8 Dimensions	15
9 Learning Resources	16
9.1 Must-Read Documents	16
9.2 Must-Have Resources	16
Revision History	17

List of Tables

1	ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) Specifications	1
2	Pin Definitions	3
3	Strapping Pins	5
4	Power Consumption by Power Modes	7
5	Absolute Maximum Ratings	9
6	Wi-Fi Radio Characteristics	9
7	Receiver Characteristics — BLE	10
8	Transmitter Characteristics — BLE	10

List of Figures

1	ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) Pin layout	3
2	Reflow Profile	11
3	ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) Schematics	12
4	ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) Peripheral Schematics	13
5	Discharge Circuit for VDD33 Rail	13
6	Reset Circuit	14
7	Dimensions of ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32)	15

1. Overview

ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) is a powerful, generic Wi-Fi+BT+BLE MCU module that targets a wide variety of applications, ranging from low-power sensor networks to the most demanding tasks, such as voice encoding, music streaming and MP3 decoding.

At the core of this module is the ESP32-D0WDQ6 chip*. The chip embedded is designed to be scalable and adaptive. There are two CPU cores that can be individually controlled, and the clock frequency is adjustable from 80 MHz to 240 MHz. The user may also power off the CPU and make use of the low-power co-processor to constantly monitor the peripherals for changes or crossing of thresholds. ESP32 integrates a rich set of peripherals, ranging from capacitive touch sensors, Hall sensors, SD card interface, Ethernet, high-speed SPI, UART, I2S and I2C.

Note:

* For details on the part number of the ESP32 series, please refer to the document [ESP32 Datasheet](#).

The integration of Bluetooth, Bluetooth LE and Wi-Fi ensures that a wide range of applications can be targeted, and that the module is future proof: using Wi-Fi allows a large physical range and direct connection to the internet through a Wi-Fi router, while using Bluetooth allows the user to conveniently connect to the phone or broadcast low energy beacons for its detection. The sleep current of the ESP32 chip is less than 5 μ A, making it suitable for battery powered and wearable electronics applications. ESP32 supports a data rate of up to 150 Mbps, and 20.5 dBm output power at the antenna to ensure the widest physical range. As such the chip does offer industry-leading specifications and the best performance for electronic integration, range, power consumption, and connectivity.

The operating system chosen for ESP32 is freeRTOS with LwIP; TLS 1.2 with hardware acceleration is built in as well. Secure (encrypted) over the air (OTA) upgrade is also supported, so that developers can continually upgrade their products even after their release.

Table 1 provides the specifications of ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32).

Table 1: ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) Specifications

Categories	Items	Specifications
Certification	RF certification	FCC/CE/IC/TELEC/KCC/SRRC/NCC
	Wi-Fi certification	Wi-Fi Alliance
	Bluetooth certification	BQB
	Green certification	RoHS/REACH
Wi-Fi	Protocols	802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps) A-MPDU and A-MSDU aggregation and 0.4 μ s guard interval support
	Frequency range	2.4 GHz ~ 2.5 GHz
Bluetooth	Protocols	Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE specification
	Radio	NZIF receiver with -97 dBm sensitivity
		Class-1, class-2 and class-3 transmitter
		AFH
	Audio	CVSD and SBC

Categories	Items	Specifications
Hardware	Module interface	SD card, UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, Motor PWM, I2S, IR
		GPIO, capacitive touch sensor, ADC, DAC
	On-chip sensor	Hall sensor, temperature sensor
	On-board clock	40 MHz crystal
	Operating voltage/Power supply	2.7 ~ 3.6V
	Operating current	Average: 80 mA
	Minimum current delivered by power supply	500 mA
	Operating temperature range	-40°C ~ +85°C
	Ambient temperature range	Normal temperature
	Package size	18±0.2 mm x 25.5±0.2 mm x 3.1±0.15 mm
Software	Wi-Fi mode	Station/SoftAP/SoftAP+Station/P2P
	Wi-Fi Security	WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS
	Encryption	AES/RSA/ECC/SHA
	Firmware upgrade	UART Download / OTA (download and write firmware via network or host)
	Software development	Supports Cloud Server Development / SDK for custom firmware development
	Network protocols	IPv4, IPv6, SSL, TCP/UDP/HTTP/FTP/MQTT
	User configuration	AT instruction set, cloud server, Android/iOS app

2. Pin Definitions

2.1 Pin Layout

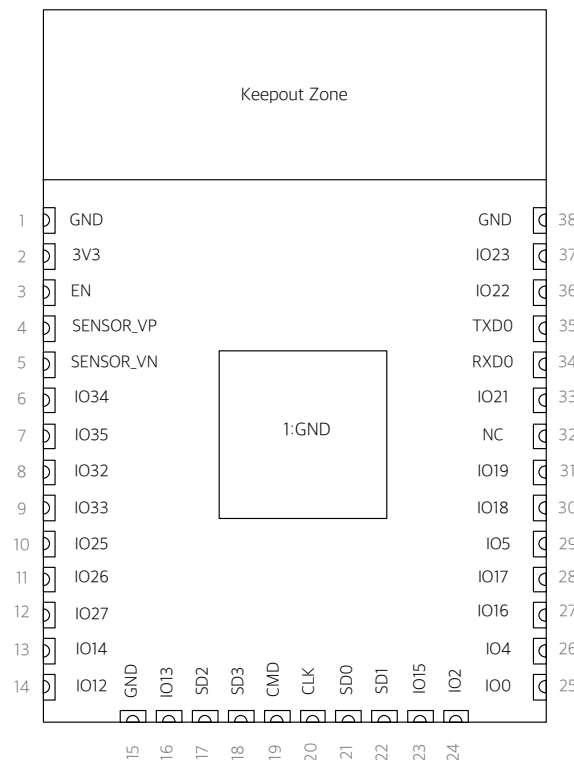


Figure 1: ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) Pin layout

2.2 Pin Description

ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) has 38 pins. See pin definitions in Table 2.

Table 2: Pin Definitions

Name	No.	Type	Function
GND	1	P	Ground
3V3	2	P	Power supply.
EN	3	I	Chip-enable signal. Active high.
SENSOR_VP	4	I	GPIO36, SENSOR_VP, ADC_H, ADC1_CH0, RTC_GPIO0
SENSOR_VN	5	I	GPIO39, SENSOR_VN, ADC1_CH3, ADC_H, RTC_GPIO3
IO34	6	I	GPIO34, ADC1_CH6, RTC_GPIO4
IO35	7	I	GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5
IO32	8	I/O	GPIO32, XTAL_32K_P (32.768 kHz crystal oscillator input), ADC1_CH4, TOUCH9, RTC_GPIO9
IO33	9	I/O	GPIO33, XTAL_32K_N (32.768 kHz crystal oscillator output), ADC1_CH5, TOUCH8, RTC_GPIO8
IO25	10	I/O	GPIO25, DAC_1, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, EMAC_RXD0
IO26	11	I/O	GPIO26, DAC_2, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, EMAC_RXD1
IO27	12	I/O	GPIO27, ADC2_CH7, TOUCH7, RTC_GPIO17, EMAC_RX_DV

Name	No.	Type	Function
IO14	13	I/O	GPIO14, ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, MTMS, HSPICLK, HS2_CLK, SD_CLK, EMAC_TXD2
IO12	14	I/O	GPIO12, ADC2_CH5, TOUCH5, RTC_GPIO15, MTDI, HSPIQ, HS2_DATA2, SD_DATA2, EMAC_TXD3
GND	15	P	Ground
IO13	16	I/O	GPIO13, ADC2_CH4, TOUCH4, RTC_GPIO14, MTCK, HSPID, HS2_DATA3, SD_DATA3, EMAC_RX_ER
SHD/SD2*	17	I/O	GPIO9, SD_DATA2, SPIHD, HS1_DATA2, U1RXD
SWP/SD3*	18	I/O	GPIO10, SD_DATA3, SPIWP, HS1_DATA3, U1TXD
SCS/CMD*	19	I/O	GPIO11, SD_CMD, SPICS0, HS1_CMD, U1RTS
SCK/CLK*	20	I/O	GPIO6, SD_CLK, SPICLK, HS1_CLK, U1CTS
SDO/SD0*	21	I/O	GPIO7, SD_DATA0, SPIQ, HS1_DATA0, U2RTS
SDI/SD1*	22	I/O	GPIO8, SD_DATA1, SPID, HS1_DATA1, U2CTS
IO15	23	I/O	GPIO15, ADC2_CH3, TOUCH3, MTDO, HSPICS0, RTC_GPIO13, HS2_CMD, SD_CMD, EMAC_RXD3
IO2	24	I/O	GPIO2, ADC2_CH2, TOUCH2, RTC_GPIO12, HSPIWP, HS2_DATA0, SD_DATA0
IO0	25	I/O	GPIO0, ADC2_CH1, TOUCH1, RTC_GPIO11, CLK_OUT1, EMAC_TX_CLK
IO4	26	I/O	GPIO4, ADC2_CH0, TOUCH0, RTC_GPIO10, HSPICLK, HS2_DATA1, SD_DATA1, EMAC_TX_ER
IO16	27	I/O	GPIO16, HS1_DATA4, U2RXD, EMAC_CLK_OUT
IO17	28	I/O	GPIO17, HS1_DATA5, U2TXD, EMAC_CLK_OUT_180
IO5	29	I/O	GPIO5, VSPICS0, HS1_DATA6, EMAC_RX_CLK
IO18	30	I/O	GPIO18, VSPICLK, HS1_DATA7
IO19	31	I/O	GPIO19, VSPIQ, U0CTS, EMAC_TXD0
NC	32	-	-
IO21	33	I/O	GPIO21, VSPIHD, EMAC_TX_EN
RXD0	34	I/O	GPIO3, U0RXD, CLK_OUT2
TXD0	35	I/O	GPIO1, U0TXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2
IO22	36	I/O	GPIO22, VSPIWP, U0RTS, EMAC_TXD1
IO23	37	I/O	GPIO23, VSPID, HS1_STROBE
GND	38	P	Ground

Note:

* Pins SCK/CLK, SDO/SD0, SDI/SD1, SHD/SD2, SWP/SD3 and SCS/CMD, namely, GPIO6 to GPIO11 are connected to the integrated SPI flash integrated on ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) and are not recommended for other uses.

2.3 Strapping Pins

ESP32 has five strapping pins, which can be seen in Chapter 6 Schematics:

- MTDI
- GPIO0
- GPIO2
- MTDO
- GPIO5

Software can read the value of these five bits from the register "GPIO_STRAPPING".

During the chip's system reset (power-on reset, RTC watchdog reset and brownout reset), the latches of the strapping pins sample the voltage level as strapping bits of "0" or "1", and hold these bits until the chip is powered down or shut down. The strapping bits configure the device boot mode, the operating voltage of VDD_SDIO and other system initial settings.

Each strapping pin is connected with its internal pull-up/pull-down during the chip reset. Consequently, if a strapping pin is unconnected or the connected external circuit is high-impedance, the internal weak pull-up/pull-down will determine the default input level of the strapping pins.

To change the strapping bit values, users can apply the external pull-down/pull-up resistances, or apply the host MCU's GPIOs to control the voltage level of these pins when powering on ESP32.

After reset, the strapping pins work as the normal functions pins.

Refer to Table 3 for detailed boot modes' configuration by strapping pins.

Table 3: Strapping Pins

Voltage of Internal LDO (VDD_SDIO)					
Pin	Default	3.3V		1.8V	
MTDI	Pull-down	0		1	
Bootling Mode					
Pin	Default	SPI Boot		Download Boot	
GPIO0	Pull-up	1		0	
GPIO2	Pull-down	Don't-care		0	
Debugging Log Printed on U0TXD During Booting?					
Pin	Default	U0TXD Toggling		U0TXD Silent	
MTDO	Pull-up	1		0	
Timing of SDIO Slave					
Pin	Default	Falling-edge Input Falling-edge Output	Falling-edge Input Rising-edge Output	Rising-edge Input Falling-edge Output	Rising-edge Input Rising-edge Output
MTDO	Pull-up	0	0	1	1
GPIO5	Pull-up	0	1	0	1

Note:

Firmware can configure register bits to change the settings of "Voltage of Internal LDO (VDD_SDIO)" and "Timing of SDIO Slave" after bootling.

3. Functional Description

This chapter describes the modules and functions integrated in ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32).

3.1 CPU and Internal Memory

ESP32-D0WDQ6 contains two low-power Xtensa® 32-bit LX6 microprocessors. The internal memory includes:

- 448 kB of ROM for booting and core functions.
- 520 kB (8 kB RTC FAST Memory included) of on-chip SRAM for data and instruction.
 - 8 kB of SRAM in RTC, which is called RTC FAST Memory and can be used for data storage; it is accessed by the main CPU during RTC Boot from the Deep-sleep mode.
- 8 kB of SRAM in RTC, which is called RTC SLOW Memory and can be accessed by the co-processor during the Deep-sleep mode.
- 1 kbit of eFuse, of which 320 bits are used for the system (MAC address and chip configuration) and the remaining 704 bits are reserved for customer applications, including Flash-Encryption and Chip-ID.

3.2 External Flash and SRAM

ESP32 supports up to four 16-MB of external QSPI flash and SRAM with hardware encryption based on AES to protect developers' programs and data.

ESP32 can access the external QSPI flash and SRAM through high-speed caches.

- Up to 16 MB of external flash are memory-mapped onto the CPU code space, supporting 8, 16 and 32-bit access. Code execution is supported.
- Up to 8 MB of external flash/SRAM are memory-mapped onto the CPU data space, supporting 8, 16 and 32-bit access. Data-read is supported on the flash and SRAM. Data-write is supported on the SRAM.

ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) integrates 4 MB of external SPI flash. The 4-MB SPI flash can be memory-mapped onto the CPU code space, supporting 8, 16 and 32-bit access. Code execution is supported. The integrated SPI flash is connected to GPIO6, GPIO7, GPIO8, GPIO9, GPIO10 and GPIO11. These six pins cannot be used as regular GPIO.

3.3 Crystal Oscillators

The ESP32 Wi-Fi/BT firmware can only support 40 MHz crystal oscillator for now.

3.4 RTC and Low-Power Management

With the use of advanced power management technologies, ESP32 can switch between different power modes.

- Power modes
 - Active mode: The chip radio is powered on. The chip can receive, transmit, or listen.
 - Modem-sleep mode: The CPU is operational and the clock is configurable. The Wi-Fi/Bluetooth base-band and radio are disabled.
 - Light-sleep mode: The CPU is paused. The RTC memory and RTC peripherals, as well as the ULP co-processor are running. Any wake-up events (MAC, host, RTC timer, or external interrupts) will wake up the chip.
 - Deep-sleep mode: Only the RTC memory and RTC peripherals are powered on. Wi-Fi and Bluetooth connection data are stored in the RTC memory. The ULP co-processor can work.
 - Hibernation mode: The internal 8-MHz oscillator and ULP co-processor are disabled. The RTC recovery memory is powered down. Only one RTC timer on the slow clock and some RTC GPIOs are active. The RTC timer or the RTC GPIOs can wake up the chip from the Hibernation mode.

The power consumption varies with different power modes/sleep patterns and work statuses of functional modules. Please see Table 4 for details.

Table 4: Power Consumption by Power Modes

Power mode	Description	Power consumption
Active (RF working)	Wi-Fi TX packet 14 dBm ~ 19.5 dBm	Please refer to ESP32 Datasheet .
	Wi-Fi / BT TX packet 0 dBm	
	Wi-Fi / BT RX and listening	
	Association sleep pattern (by Light-sleep)	1 mA ~ 4 mA @DTIM3
Modem-sleep	The CPU is powered on.	Max speed 240 MHz: 30 mA ~ 50 mA
		Normal speed 80 MHz: 20 mA ~ 25 mA
		Slow speed 2 MHz: 2 mA ~ 4 mA
Light-sleep	-	0.8 mA
Deep-sleep	The ULP co-processor is powered on.	150 μ A
	ULP sensor-monitored pattern	100 μ A @1% duty
	RTC timer + RTC memory	10 μ A
Hibernation	RTC timer only	5 μ A
Power off	CHIP_PU is set to low level, the chip is powered off	0.1 μ A

Note:

- When Wi-Fi is enabled, the chip switches between Active and Modem-sleep mode. Therefore, power consumption changes accordingly.
- In Modem-sleep mode, the CPU frequency changes automatically. The frequency depends on the CPU load and the peripherals used.
- During Deep-sleep, when the ULP co-processor is powered on, peripherals such as GPIO and I2C are able to work.
- When the system works in the ULP sensor-monitored pattern, the ULP co-processor works with the ULP sensor periodically; ADC works with a duty cycle of 1%, so the power consumption is 100 μ A.

4. Peripherals and Sensors

Please refer to Section 4 Peripherals and Sensors in [ESP32 Datasheet](#).

Note:

External connections can be made to any GPIO except for GPIOs in the range 6-11. These six GPIOs are connected to the module's integrated SPI flash. For details, please see Section 6 Schematics.

5. Electrical Characteristics

Note:

The specifications in this chapter have been tested under the following general condition: $V_{DD} = 3.3V$, $T_A = 27^{\circ}C$, unless otherwise specified.

5.1 Absolute Maximum Ratings

Table 5: Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Power supply	VDD	2.7	3.3	3.6	V
Minimum current delivered by power supply	I_{VDD}	0.5	-	-	A
Input low voltage	V_{IL}	-0.3	-	$0.25 \times V_{IO}^1$	V
Input high voltage	V_{IH}	$0.75 \times V_{IO}^1$	-	$V_{IO}^1 + 0.3$	V
Input leakage current	I_{IL}	-	-	50	nA
Input pin capacitance	C_{pad}	-	-	2	pF
Output low voltage	V_{OL}	-	-	$0.1 \times V_{IO}^1$	V
Output high voltage	V_{OH}	$0.8 \times V_{IO}^1$	-	-	V
Maximum output drive capability	I_{MAX}	-	-	40	mA
Storage temperature range	T_{STR}	-40	-	85	$^{\circ}C$
Operating temperature range	T_{OPR}	-40	-	85	$^{\circ}C$

1. V_{IO} is the power supply for a specific pad. More details can be found in the [ESP32 Datasheet](#), Appendix IO_MUX. For example, the power supply for SD_CLK is the VDD_SDIO.

5.2 Wi-Fi Radio

Table 6: Wi-Fi Radio Characteristics

Description	Min	Typical	Max	Unit
Input frequency	2412	-	2484	MHz
Input reflection	-	-	-10	dB
Tx power				
Output power of PA for 72.2 Mbps	13	14	15	dBm
Output power of PA for 11b mode	19.5	20	20.5	dBm
Sensitivity				
DSSS, 1 Mbps	-	-98	-	dBm
CCK, 11 Mbps	-	-91	-	dBm
OFDM, 6 Mbps	-	-93	-	dBm
OFDM, 54 Mbps	-	-75	-	dBm
HT20, MCS0	-	-93	-	dBm
HT20, MCS7	-	-73	-	dBm

Description	Min	Typical	Max	Unit
HT40, MCS0	-	-90	-	dBm
HT40, MCS7	-	-70	-	dBm
MCS32	-	-89	-	dBm
Adjacent channel rejection				
OFDM, 6 Mbps	-	37	-	dB
OFDM, 54 Mbps	-	21	-	dB
HT20, MCS0	-	37	-	dB
HT20, MCS7	-	20	-	dB

5.3 BLE Radio

5.3.1 Receiver

Table 7: Receiver Characteristics — BLE

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Sensitivity @30.8% PER	-	-	-97	-	dBm
Maximum received signal @30.8% PER	-	0	-	-	dBm
Co-channel C/I	-	-	+10	-	dB
Adjacent channel selectivity C/I	F = F0 + 1 MHz	-	-5	-	dB
	F = F0 - 1 MHz	-	-5	-	dB
	F = F0 + 2 MHz	-	-25	-	dB
	F = F0 - 2 MHz	-	-35	-	dB
	F = F0 + 3 MHz	-	-25	-	dB
	F = F0 - 3 MHz	-	-45	-	dB
Out-of-band blocking performance	30 MHz ~ 2000 MHz	-10	-	-	dBm
	2000 MHz ~ 2400 MHz	-27	-	-	dBm
	2500 MHz ~ 3000 MHz	-27	-	-	dBm
	3000 MHz ~ 12.5 GHz	-10	-	-	dBm
Intermodulation	-	-36	-	-	dBm

5.3.2 Transmitter

Table 8: Transmitter Characteristics — BLE

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
RF transmit power	-	-	0	-	dBm
Gain control step	-	-	±3	-	dBm
RF power control range	-	-12	-	+12	dBm

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Adjacent channel transmit power	F = F0 + 1 MHz	-	-14.6	-	dBm
	F = F0 - 1 MHz	-	-12.7	-	dBm
	F = F0 + 2 MHz	-	-44.3	-	dBm
	F = F0 - 2 MHz	-	-38.7	-	dBm
	F = F0 + 3 MHz	-	-49.2	-	dBm
	F = F0 - 3 MHz	-	-44.7	-	dBm
	F = F0 + > 3 MHz	-	-50	-	dBm
	F = F0 - > 3 MHz	-	-50	-	dBm
Δf_{1avg}	-	-	-	265	kHz
Δf_{2max}	-	247	-	-	kHz
$\Delta f_{2avg}/\Delta f_{1avg}$	-	-	-0.92	-	-
ICFT	-	-	-10	-	kHz
Drift rate	-	-	0.7	-	kHz/50 μ s
Drift	-	-	2	-	kHz

5.4 Reflow Profile

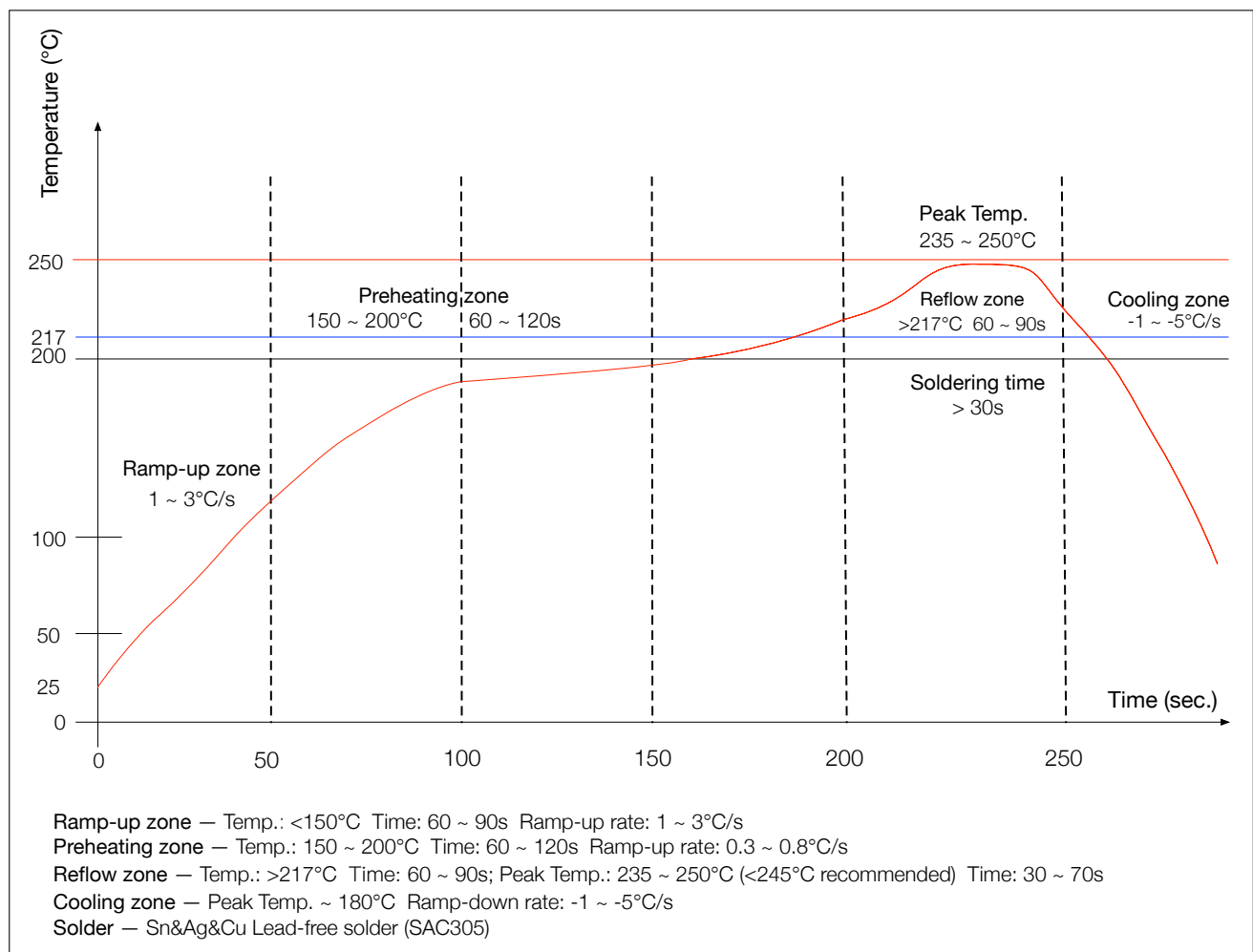
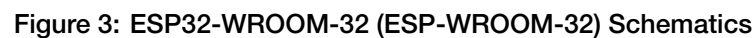


Figure 2: Reflow Profile

12



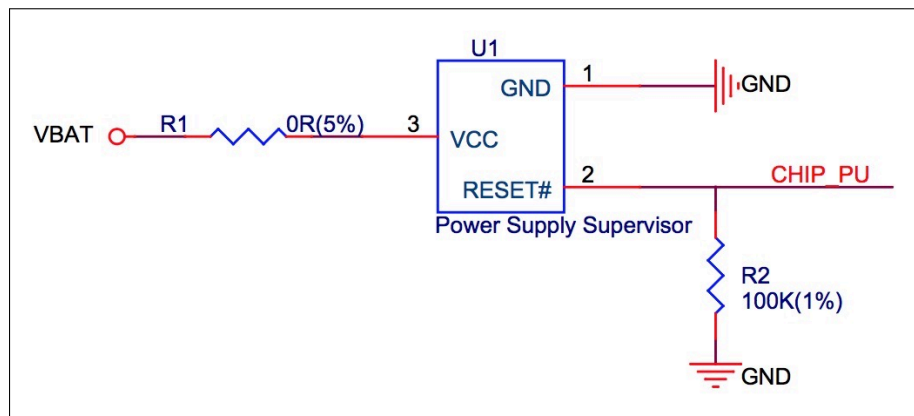


Figure 6: Reset Circuit

Note:

When battery is used as the power supply for ESP32 series of chips and modules, a supply voltage supervisor is recommended to avoid boot failure due to low voltage. Users are recommended to pull CHIP_PU low if the power supply for ESP32 is below 2.3V.

8. Dimensions

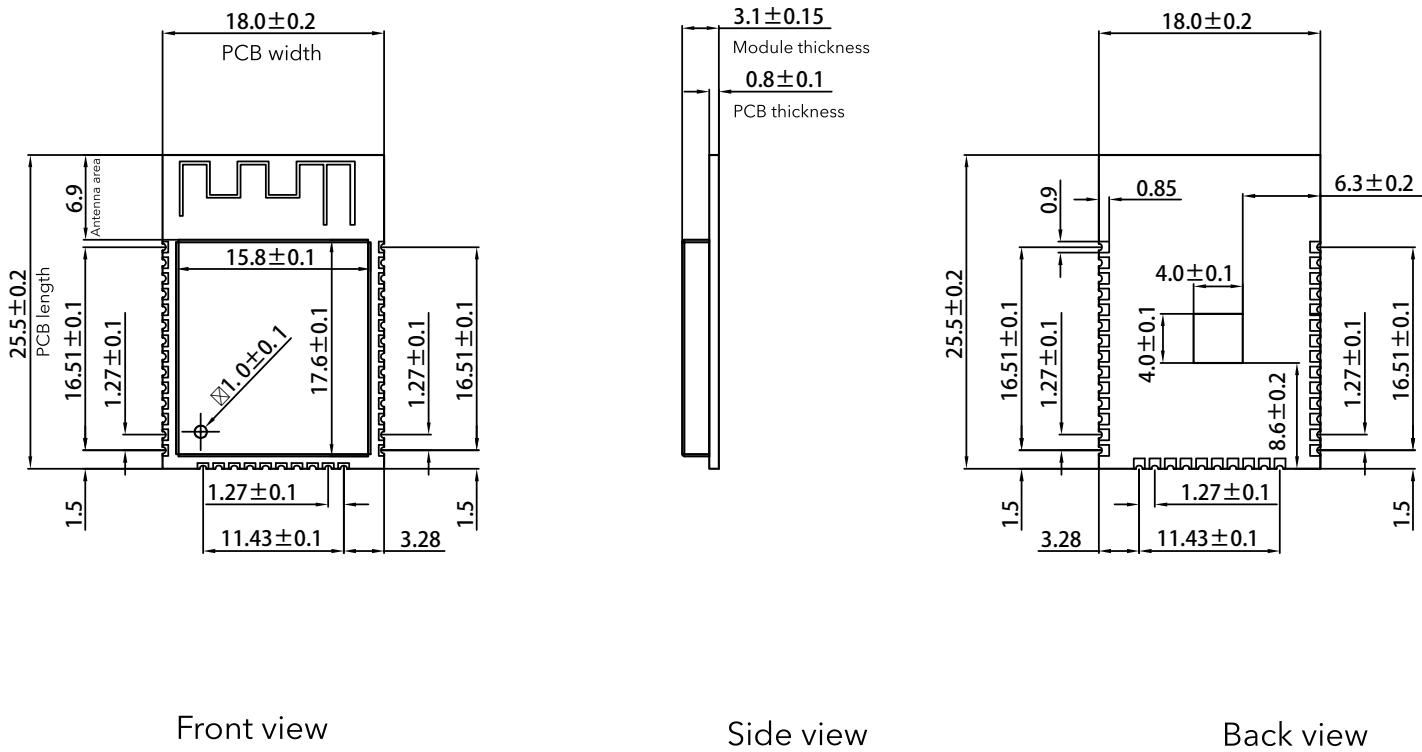


Figure 7: Dimensions of ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32)

Note:
All dimensions are in millimeters.

9. Learning Resources

9.1 Must-Read Documents

The following link provides documents related to ESP32.

- [ESP32 Datasheet](#)
This document provides an introduction to the specifications of the ESP32 hardware, including overview, pin definitions, functional description, peripheral interface, electrical characteristics, etc.
- [ESP-IDF Programming Guide](#)
It hosts extensive documentation for ESP-IDF ranging from hardware guides to API reference.
- [ESP32 Technical Reference Manual](#)
The manual provides detailed information on how to use the ESP32 memory and peripherals.
- [ESP32 Hardware Resources](#)
The zip files include the schematics, PCB layout, Gerber and BOM list of ESP32 modules and development boards.
- [ESP32 Hardware Design Guidelines](#)
The guidelines outline recommended design practices when developing standalone or add-on systems based on the ESP32 series of products, including ESP32, the ESP-WROOM-32 module, and ESP32-DevKitC—the development board.
- [ESP32 AT Instruction Set and Examples](#)
This document introduces the ESP32 AT commands, explains how to use them, and provides examples of several common AT commands.
- [Espressif Products Ordering Information](#)

9.2 Must-Have Resources

Here are the ESP32-related must-have resources.

- [ESP32 BBS](#)
This is an Engineer-to-Engineer (E2E) Community for ESP32 where you can post questions, share knowledge, explore ideas, and help solve problems with fellow engineers.
- [ESP32 GitHub](#)
ESP32 development projects are freely distributed under Espressif's MIT license on GitHub. It is established to help developers get started with ESP32 and foster innovation and the growth of general knowledge about the hardware and software surrounding ESP32 devices.
- [ESP32 Tools](#)
This is a webpage where users can download ESP32 Flash Download Tools and the zip file "ESP32 Certification and Test".
- [ESP-IDF](#)
This webpage links users to the official IoT development framework for ESP32.
- [ESP32 Resources](#)
This webpage provides the links to all available ESP32 documents, SDK and tools.

Revision History

Date	Version	Release notes
2018.03	V2.4	Updated Table 1 in Chapter 1.
2018.01	V2.3	Deleted information on LNA pre-amplifier; Updated section 3.4 RTC and Low-Power Management; Added reset circuit in Chapter 7 and a note to it.
2017.10	V2.2	Updated the description of the chip's system reset in Section 2.3 Strapping Pins; Deleted "Association sleep pattern" in Table 4 and added notes to Active sleep and Modem-sleep; Updated the note to Figure 4 Peripheral Schematics; Added discharge circuit for VDD33 rail in Chapter 7 and a note to it.
2017.09	V2.1	Updated operating voltage/power supply range updated to 2.7 ~ 3.6V; Updated Chapter 7.
2017.08	V2.0	Changed the sensitivity of NZIF receiver to -97 dBm in Table 1; Updated the dimensions of the module; Updated Table 4 Power Consumption by Power Modes, and added two notes to it; Updated Table 5, 6, 7, 8; Added Chapter 8; Added the link to certification download .
2017.06	V1.9	Added a note to Section 2.1 Pin Layout; Updated Section 3.3 Crystal Oscillators; Updated Figure 3 ESP-WROOM-32 Schematics; Added Documentation Change Notification.
2017.05	V1.8	Updated Figure 1 Top and Side View of ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32).
2017.04	V1.7	Added the module's dimensional tolerance; Changed the input impedance value of 50Ω in Table 6 Wi-Fi Radio Characteristics to output impedance value of 30+j10 Ω.
2017.04	V1.6	Added Figure 2 Reflow Profile.
2017.03	V1.5	Updated Section 2.2 Pin Description; Updated Section 3.2 External Flash and SRAM; Updated Section 4 Peripherals and Sensors Description.
2017.03	V1.4	Updated Chapter 1 Preface; Updated Chapter 2 Pin Definitions; Updated Chapter 3 Functional Description; Updated Table Recommended Operating Conditions; Updated Table 6 Wi-Fi Radio Characteristics; Updated Section 5.4 Reflow Profile; Added Chapter 9 Learning Resources.
2016.12	V1.3	Updated Section 2.1 Pin Layout.
2016.11	V1.2	Added Figure 7 Peripheral Schematics.
2016.11	V1.1	Updated Chapter 6 Schematics.
2016.08	V1.0	First release.

Mouser Electronics

Authorized Distributor

Click to View Pricing, Inventory, Delivery & Lifecycle Information:

[Espressif:](#)

[ESP-WROOM-32](#)

10.2 Anexo 2 - Ficha Técnica – SR04T

JSN-SR04T-2.0

20-600 cm Ultrasonic Waterproof Range Finder

JSN-SR04T-2.0 ultrasonic distance measurement module can provide 20cm-600cm non-contact distance sensing function, ranging accuracy up to 2mm; module includes the transceiver of an integrated ultrasonic sensor and control circuit. Mode one usage and the Division's JSN-SR04T-2.0 module.

This product adopts industrial-grade integrated ultrasonic probe design, waterproof type, stable performance, all the MCU on the market. 1, the module performance is stable, the measurement distance is accurate. And foreign SRF05, SRF02 and other ultrasonic rangefinder module comparable. Module high precision, blind (20cm), stable range is the product successfully to the market a strong basis.

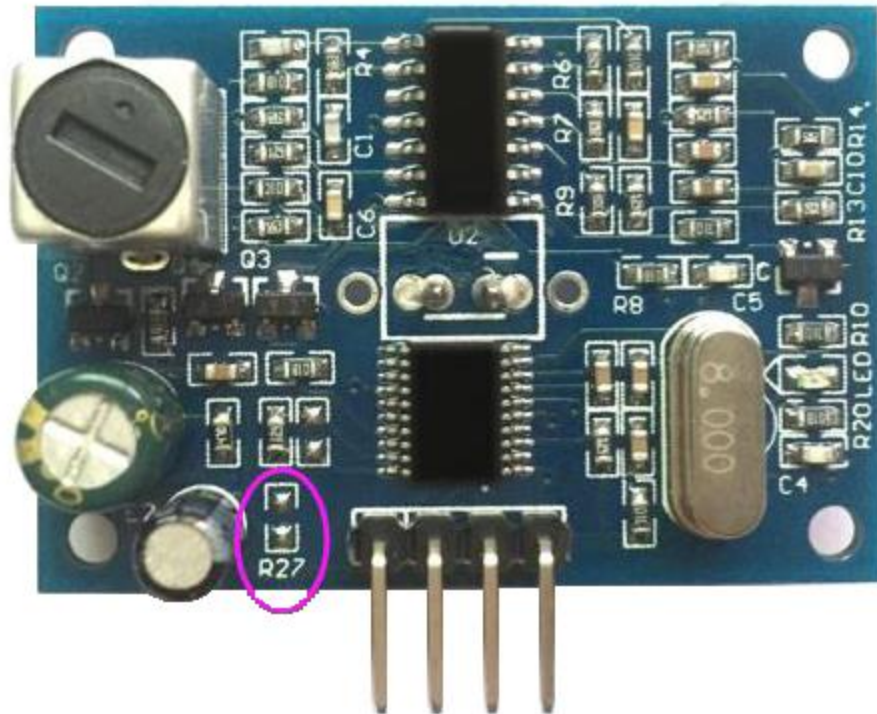
Features:

1. small size, easy to use;
2. low voltage, low power consumption;
3. high precision measurement;
4. strong anti-interference;
5. integrated closed waterproof cable probe, suitable for wet, bad measurement occasions

Specifications:

	Pulse width output / Serial Output
Operating Voltage	DC 3.0-5.5V
Working current	Less than 8mA
Probe frequency	40KHz
Farthest range	600cm
Recent range	20cm
Distance accuracy	+ - 1cm
Resolution	1mm
Measuring angle	75 degree
Enter the trigger signal	1,10uS above the TTL pulse 2, the serial port to send instructions 0X55
Output the echo signal	Output pulse width level signal, or TTL
Wiring	3-5.5V (power positive) Trig (RX) RX Echo (output) TX GND (power supply negative)
Product Size	L42 * W29 * H12 mm
Operating temperature	-20 ° C to + 70 ° C
Product color	PCB board is blue

Function Description:

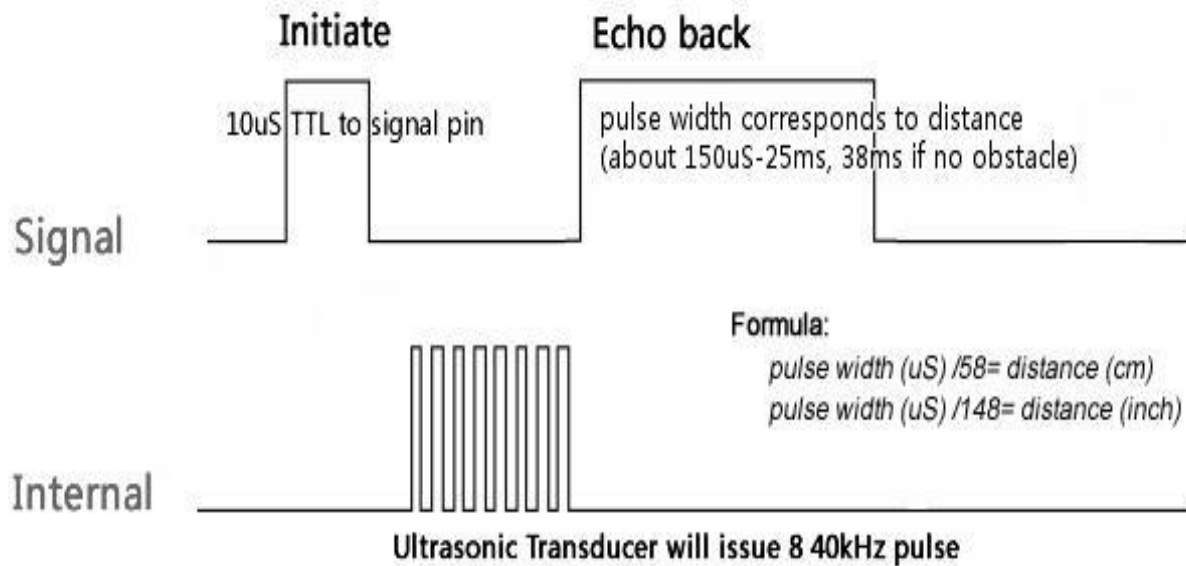


Mode 1: R27 = open that is not welding. The pattern is described below

1. the basic working principle:

- (1) using IO port TRIG trigger range, to a minimum of 10us high letter.
- (2) module automatically send 8 40khz square wave, automatically detect whether there is a signal to return;
- (3) a signal to return, through the IO port ECHO output a high level, high time is the duration of ultrasound from the launch to the return time. Test distance = (high time * speed of sound (340M / s)) / 2;
- (4) module is triggered after the distance measurement, if you cannot receive the echo (the reason exceeds the measured range or the probe is not on the measured object), ECHO port will automatically become low after 60MS, marking the End of measurement, whether successful or not.
- (5) LED indicator, LED non-power indicator, it will receive the signal after the module will be lit, then the module is working.

2. ultrasonic timing diagram:



A short ultrasonic pulse is transmitted at the time 0, reflected by an object. The sensor receives this signal and converts it to an electric signal. The next pulse can be transmitted when the echo fades. This time period is called cycle period. The recommend cycle period should be no less than 50ms. If a 10μs width trigger pulse is sent to the signal pin, the ultrasonic module will output eight 40kHz ultrasonic signals and detect the echo back. The measured distance is proportional to the echo pulse width and can be calculated by the formula above. If no obstacle is detected, the output pin will give a 38ms high level signal.

Mode 2: R27 = 47K is the welding 47K resistance. The pattern is described below

Serial **output format for the TTL level**, that: 100MS module for the cycle of automatic output distance value, the unit is mm. Serial baud rate: 9600, n, 8,1.

After the module is powered on, it will enter the working mode directly, and the range will be carried out every 100ms within the module and one frame will be output from the pin TX, including four 8-bit data. The frame format is: 0XFF + H_DATA + L_DATA + SUM

- 1.0XFF: for a frame to start the data, used to judge;
- 2.H_DATA: the upper 8 bits of the distance data;
- 3.L_DATA: the lower 8 bits of the distance data;
- 4.SUM: data and, for the effect of **its 0XFF + H_DATA + L_DATA = SUM (only low 8)**

Note: H_DATA and L_DATA synthesize 16-bit data, that is, the distance in millimeters

E.G:

Product response FF 07 A1 A7

Where the check code $SUM = A7 = (0x07 + 0xA1 + 0Xff) \& 0x00ff$

0x07 is the high data of the distance;

0xA1 is the lower data of the distance;

Distance value is 0x07A1; converted to decimal for 1953; unit: mm

Description: The module outputs the nearest distance value in the dead zone, and outputs 0 if the module does not measure the data or is out of range.

LED indicator, LED non-power indicator, the module connected to work after the light, then the module is working.

Mode 3: R27 = 120K that is welding 120K resistance. In the serial port mode

After the module is powered on, **the module enters standby mode**. The serial output format is TTL level, serial port baud rate: 9600, n, 8,1. When the RX port receives the 0X55 instruction, the module starts a ranging and outputs one frame from the pin TX with four 8-bit data. The frame format is: 0XFF + H_DATA + L_DATA + SUM

1.0XFF: for a frame to start the data, used to judge;

2.H_DATA: the upper 8 bits of the distance data;

3.L_DATA: the lower 8 bits of the distance data;

4.SUM: data and, for the effect of its $0XFF + H_DATA + L_DATA = SUM$ (only low 8)

Note: H_DATA and L_DATA synthesize 16-bit data, that is, the distance in millimeters

Description: The module outputs the nearest distance value in the dead zone, and outputs 0 if the module does not measure the data or is out of range.

LED indicator, LED non-power indicator, it will receive the 0X55 trigger signal after the module will be lit, then the module is working.

10.3 Anexo 3 - Ficha Técnica – Cisco Wireless Gateway for LoRaWAN Data Sheet

Cisco Wireless Gateway for LoRaWAN Data Sheet

Updated: June 26, 2018 **Document ID:** 6afde708-9491-49bc-8612-f688e23d0984

The Cisco[®] Wireless Gateway for LoRaWAN supports the LoRa[™] physical layer technology and complies with the LoRaWAN specification defined by the LoRa Alliance[™] to provide LPWA (Low Power Wide Area) wireless connectivity for low data rate, battery-powered devices and sensors. Through the unlicensed sub-GHz radio, a wide variety of Internet of Things (IoT) endpoints that require low power operation or long-range transmission distances can now be connected and located more economically than ever before. Example use cases include asset tracking, water and gas metering, environmental monitoring, waste management, smart street lighting, smart agriculture, and many others.



This product is a carrier-grade, ruggedized product specifically designed for harsh outdoor deployments, and also suitable for indoor applications. It adheres to the Semtech next-generation (version 2) gateway hardware reference design, offers up to 16 uplink channels, and provides geolocation capabilities through Time Difference of Arrival (TDOA) and Received Signal Strength Indication (RSSI) techniques.

Solution overview

LoRa

LoRa is a disruptive RF physical layer modulation technology that offers long-distance wireless connectivity, excellent power efficiency, very high receiver sensitivity, robust spectrum spreading, and securely encrypted transmissions. It operates on unlicensed Industrial, Scientific, and Medical (ISM) frequencies, for which 863 – 870 MHz spectrum and spectrum subsets are available for Europe, the Middle East, Africa, and India, and 902 – 928 MHz spectrum and spectrum subsets can be utilized in the Americas and in Asia-Pacific countries.

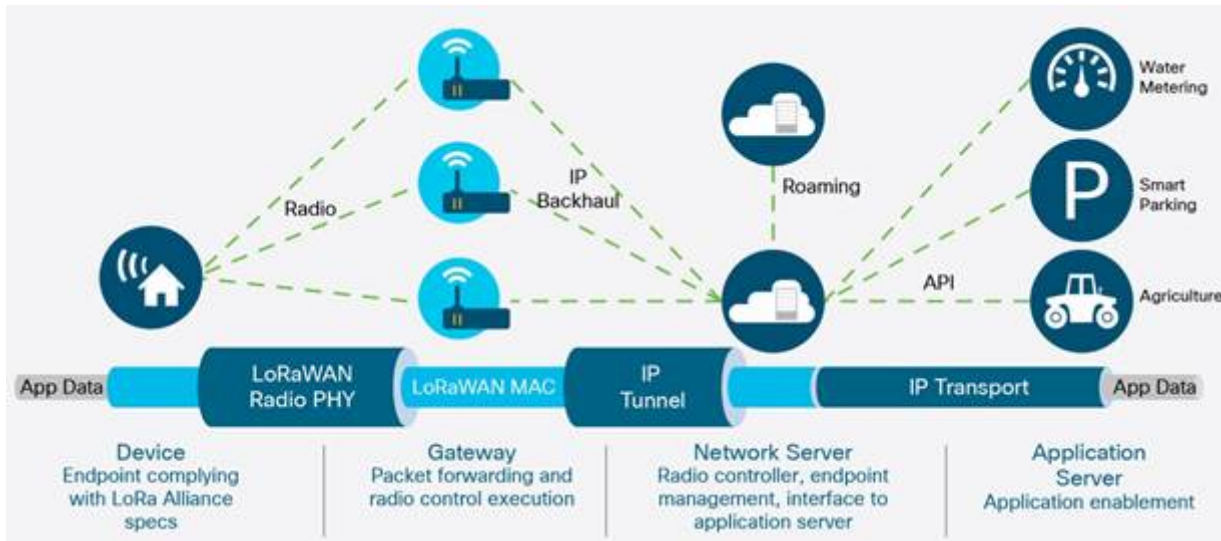
LoRaWAN

LoRaWAN is a MAC (Media Access Control) protocol specification defined by the LoRa Alliance that complements the LoRa physical layer. It is supported by an established ecosystem of LoRaWAN compliant devices that are available from multiple vendors, and which can be certified for interoperability by the LoRa Alliance.

The end-to-end LoRaWAN network architecture consists of four elements (Figure 1):

- **Device:** Endpoints such as water and gas meters, parking sensors, asset trackers, environmental sensors, or smoke detectors.
- **Gateway:** The wireless infrastructure required to provide radio coverage and packet forwarding for the devices, as well as IP backhaul to the network server. Cisco offerings include this Gateway and the IoT Field Network Director, which may serve as the gateway management system.
- **Network server:** The centralized radio controller, which performs radio management, the provisioning and authentication of devices, and the delivery of the data to one or multiple application servers through a set of Application Programming Interfaces (APIs). Cisco offers a partner network server solution and provides an SDK for this Gateway for integration with alternative network server solutions.

Figure 1. LoRaWAN Network Architecture



Cisco's LoRaWAN solution offerings are available for service provider, public sector, and enterprise customers.

Hardware overview

The Cisco Wireless Gateway for LoRaWAN supports LoRaWAN Class A, B, and C device types, spreading factors, Adaptive Data Rates (ADR), channel diversity, integrated GPS time synchronization, and geolocation with hardware support for TDOA and RSSI based trilateration. Two models are available for domestic and international customers:

- IXM-LPWA-800-16-K9: Operates on the subsets of 863 - 870 MHz ISM frequencies
- IXM-LPWA-900-16-K9: Operates on the subsets of 902 - 928 MHz ISM frequencies

This product is IP67 rated and can be deployed outdoors on a pole, on a service provider's cellular base station tower, on the roof of a building, or on a wall. It can also be installed in indoor locations such as a parking garage, a basement, or a ceiling inside a building. It comes equipped with support for two powering methods (802.3at POE+ and 48 VDC), two RF antenna connectors, a GPS antenna, a USB port, and a console port, as illustrated in Figure 2.

Figure 2. Product interfaces and features

Key benefits

Versatile backhaul options

This product can be configured as a radio interface of the Cisco Industrial Routers 807, 809, 829, Connected Grid Router 1120 and 1240. One or multiple gateways are connected to the LAN port(s) of the IR807, IR809, IR829, CGR-1120 or CGR-1240 via Ethernet or VLANs with encrypted links. Through this configuration, it provides LoRaWAN radio access while the IR809 or IR829 offer backhaul support for Gigabit Ethernet (electrical or fiber), 4G/LTE, or Wi-Fi. This offers customers maximum flexibility in a complex network environment: access to a fiber network through a Small Form-factor Pluggable (SFP) interface, the ability to connect to a cellular network through a single LTE or dual-LTE radios for redundancy, and the ability to connect to a Wi-Fi infrastructure or mesh network.

In addition, this product can be deployed as a standalone unit and directly connected to existing Ethernet switches or routers through its Fast Ethernet port. In standalone, it provides both LoRaWAN radio access and essential IP networking features. This deployment option is suitable for fully secure and trusted networks; for example, customers may directly connect it to a service provider's intranet from an access switch or router that may be available at the service provider's cellular base station site.

Robust security

The advanced features of the Cisco IOS[™] Software in the Cisco IR807, IR809, IR829, CGR-1120 and CGR-1240 can help customers quickly create a resilient and secure data path to their back-end platform over the public Internet. The Cisco IOS Software advanced security, firewall, routing, management, and Quality of Service (QoS) features enable you to easily overcome the challenges of relying on less secure or untrusted networks for the deployment of the LoRaWAN infrastructure. When this product is configured as a radio interface of IR807, IR809, IR829, CGR-1120 and CGR-1240 the LAN port can be set to restrict access to only the gateway, and the Ethernet link between the two devices can utilize an IP Security (IPsec) tunnel for the encrypted transport of the traffic.

This product embeds a Linux Container (LXC) inside its operating system. This virtualization can help a network server partner to easily adopt its LoRa radio control agent (Packet Forwarder). The radio control agent is strictly isolated from the host operating system, and assigned dedicated CPU and memory resources. The access privileges of the third-party software mandate that it can only run in the LXC, yet not visit the operating system kernel.

Geolocation capability

This product is equipped with hardware support for precise timestamping and high-accuracy GPS/GNSS for geolocation applications. Customers can take advantage of this capability to approximate the position of endpoints, yet without requiring GPS/GNSS to be present in the endpoints themselves. This dramatically reduces the power consumption compared with endpoints with GPS/GNSS built in. It is particularly well suited for geofencing (presence) and coarse asset tracking use cases.

Enhanced spectrum utilization

This product features two LoRa baseband subsystems, allowing it to support up to 16 uplink channels and thus receive up to 16 data packets concurrently. This design improves the radio spectrum utilization to up to 4 MHz channel bandwidths and thereby increases the overall system capacity.

Frequency channel diversity

This product supports software-configurable frequency channel diversity. Frequency channel diversity effectively aids in the propagation of the wireless signal from endpoints to the gateway, especially in multipath environments and for geolocation applications.

Ability to deploy omnidirectional and sectorized cells

This product allows to achieve both omnidirectional and sectorized (directional) propagation patterns. Omnidirectional cells are simply established through the usage of an omnidirectional antenna with a single gateway unit, while tri-sector cells can consist of three of the gateways with a 120-degree sector antenna[1] per each unit. Sectorization is useful for high-density deployments as it effectively increases the capacity of the cell.

Zero-touch provisioning

This product can be easily configured and managed by the Cisco IoT Field Network Director (FND). Zero-touch provisioning allows FND users to automatically and securely download pre-defined configurations to the gateway. Customers benefit from reduced deployment time and cost, in particular for deployments that require a large number of gateways to be installed.

Furthermore, FND supports remote gateway firmware upgrades, configuration backup and restore, IPsec tunnel setup automation and monitoring, and provides a user-friendly dashboard that includes performance statistics and alarm reports.

Product features

Table 1 summarizes the features of the Cisco Wireless Gateway for LoRaWAN.

Table 1. Features and descriptions

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
Product components	<ul style="list-style-type: none"> Standalone unit 	<ul style="list-style-type: none"> Attached to IR809 LAN Port 	<ul style="list-style-type: none"> Attached to IR829 LAN Port
Ethernet backhaul	<ul style="list-style-type: none"> 1x FE built in the Gateway 	<ul style="list-style-type: none"> 1x GE on IR809 	<ul style="list-style-type: none"> 1x SFP module for copper and fiber on IR829
4G/LTE backhaul	–	<ul style="list-style-type: none"> Single radio, dual SIMs on IR809 	<ul style="list-style-type: none"> Single or dual radios, dual SIMs on IR829
Wi-Fi backhaul	–	–	<ul style="list-style-type: none"> 2.4 GHz/5 GHz 802.11n

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
PoE+ injector for the Gateway	<ul style="list-style-type: none"> • External 	<ul style="list-style-type: none"> • External 	<ul style="list-style-type: none"> • PoE+ module option in IR829 to supply power to one Gateway
Cisco IOx support	–	<ul style="list-style-type: none"> • Yes, on IR809 	<ul style="list-style-type: none"> • Yes, on IR829
IP features	<ul style="list-style-type: none"> • DHCP client (IPv4) • Static IP (IPv4) • PPPoE • 802.1Q VLAN tagging • Network Address Translation (NAT) • Domain Name System (DNS) • Network Time Protocol (NTP) 	<ul style="list-style-type: none"> • Routing Information Protocol Versions 1 and 2 (RIPv1 and RIPv2) • Generic Routing Encapsulation (GRE) and Multipoint GRE (MGRE) • Cisco Express Forwarding • Standard 802.1d Spanning Tree Protocol • Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP) • Layer 2 Tunneling Protocol Version 3 (L2TPv3) • NAT • DHCP server, relay, and client (IPv4 and IPv6) • Static IP (IPv4 and IPv6) • Dynamic DNS (DDNS) • NTP • DNS Proxy • DNS Spoofing • Access Control Lists (ACLs) • IPv4 and IPv6 Unicast and Multicast • Open Shortest Path First (OSPF) • Border Gateway Protocol (BGP) • Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) • Virtual Route Forwarding (VRF) Lite • Next-Hop Resolution Protocol (NHRP) 	

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
Security features	<ul style="list-style-type: none"> • IPsec (open source) • Two IPsec tunnels – support Active/Active or Active/Standby mode • Public Key Infrastructure (PKI) • Simple Certificate Enrollment Protocol (SCEP, open source) • Network Address Translation (NAT) traversal • Software image secure boot • Cisco ACT2 hardware IEEE 802.1ar secure identity • Support SHA256 for firmware signature and uboot • Authentication of the firmware image before flashing it • Password protection in filesystem 	<p>Secure Connectivity:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Secure Sockets Layer (SSL) VPN for secure remote access • Hardware-accelerated Data Encryption Standard (DES), 3DES, Advanced Encryption Standard (AES) 128, AES 192, and AES 256 • PKI support • Twenty IPsec tunnels • Cisco Easy VPN Solution client and server • Network Address Translation (NAT) transparency • Dynamic Multipoint VPN (DMVPN) • Tunnel-less Group Encrypted Transport VPN • FlexVPN • IPsec stateful failover • VRF-aware IPsec • IPsec over IPv6 <p>Cisco IOS Firewall:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zone-based policy firewall • VRF-aware stateful inspection routing firewall • Stateful inspection transparent firewall • Advanced application inspection and control • Secure HTTP (HTTPS), FTP, and Telnet Authentication Proxy • Dynamic and static port security • Firewall stateful failover • VRF-aware firewall <p>Integrated threat control:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control-plane policing • Flexible packet matching • Network foundation protection <p>Others:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Software image secured boot • Cisco ACT2 hardware IEEE 802.1ar secure identity • LAN port authentication to access IXM Gateway • IPsec encryption between IR809 or IR829 and IXM Gateway 	
Quality-of-service (QoS) features	-	<ul style="list-style-type: none"> • Low-Latency Queuing (LLQ) 	

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
		<ul style="list-style-type: none">Weighted Fair Queuing (WFQ)	

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
		<ul style="list-style-type: none">• Class-Based WFQ (CBWFQ)	

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
		<ul style="list-style-type: none">• Class-Based Traffic Shaping (CBTS)	

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
		<ul style="list-style-type: none">• Class-Based Traffic Policing (CBTP)	

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
		<ul style="list-style-type: none">• Policy-Based Routing (PBR)	

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
		<ul style="list-style-type: none">• Class-Based QoS MIB	

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
		<ul style="list-style-type: none">• Class of Service (CoS) to Differentiated Services Code Point (DSCP) mapping	

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
		<ul style="list-style-type: none">• Class-Based Weighted Random Early Detection (CBWRED)	

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
		<ul style="list-style-type: none">• Resource Reservation Protocol (RSVP)	

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
		<ul style="list-style-type: none">• Real-Time Transport Protocol (RTP) header compression (cRTP)	

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
		<ul style="list-style-type: none">Differentiated Services (DiffServ)	

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
		<ul style="list-style-type: none">• QoS preclassify and prefragmentation	

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
		• Hierarchical QoS (HQoS)	
ISM band support	• EU 863 - 870 MHz, India 865 - 867 MHz, U.S. 902 - 928 MHz, Australia 915 - 928 MHz, and AS 923 MHz • Support for up to 16 uplink channels, 4 MHz bandwidth		
LoRa technology	• Semtech version 2 gateway hardware reference design compliance • Adaptive Data Rates (ADR) • Spreading Factors • Channel diversity (no diversity and full diversity)		
LoRaWAN specification	• LoRaWAN specification 1.0.1, 1.0.2 and 1.1 (draft) release compliant • Support for Class A, B and C endpoints		
Radio spectrum sniffer	• Online scanning of the interference noise on the RF channel		
LTE coexistence	• Insertion interference reduction to LTE band 20 uplinks (832 - 862 MHz)		
Geolocation capability	• Through TDOA and RSSI for GPS-free endpoints		
Linux Container (LXC)	• Host third-party LoRa Packet Forwarder through software virtualization • Support unprivileged mode		

Features	Operates as Standalone Gateway	Operates as a Radio Interface of IR809	Operates as a Radio Interface of IR829
IoT FND management features	<ul style="list-style-type: none"> • Zero-touch provisioning: automatically download configuration file to the Gateway, IR809 and 829 during registration • Automatically download third-party LoRa Packet Forwarder to the Gateway during its initial registration • IPsec tunnel setup automation • Configure the settings of Gateway, the IR809 and IR829 • Firmware upgrade • Configuration file backup and restore • Gateway reboot • Gateway model • Gateway ID (name and serial number) • Gateway operational status • Gateway up time • Gateway enclosure cover close/open • WAN IP address • IPsec tunnel status • Firmware version • Boot loader version • CPU usage rate • Device temperature • Alarm and event reports • GPS status • FPGA version • HAL driver version • Antenna RSSI value • AES key • Packet Forwarder ID, status, firmware version, and public key installed 		

Product specifications

Tables 2 and 3 list the Gateway part numbers and specifications, respectively. Table 4 contains the performance specifications, and Table 5 provides product compliance information. Table 6 lists the RF antenna specifications, and Table 7 lists the GPS antenna specifications.

Table 2. Product part numbers and applicable regions

Part Number	Description
IXM-LPWA-800-16-K9	<ul style="list-style-type: none"> • Cisco wireless gateway for LoRaWAN, operates on the frequency subset of 863 - 870 MHz ISM band, applicable to LoRaWAN regional profile for Europe, Middle East, Africa and India
IXM-LPWA-900-16-K9	<ul style="list-style-type: none"> • Cisco wireless gateway for LoRaWAN, operates on the frequency subset of 902 - 928 MHz ISM band, applicable to LoRaWAN regional profile for Americas, Asia and Pacific

Please contact your local Cisco account representative for the region and country certification availability for each model.

Table 3. Product specifications

Specification	Description
Physical Specifications	
IP rating	<ul style="list-style-type: none"> Outdoor, IP67
External dimensions (H x W x D)	<ul style="list-style-type: none"> 281 (incl. RF antenna connector) x 206 (not incl. GPS antenna connector) x 100 (incl. mount screws) mm or 11 x 8 x 4 inches
Net weight	<ul style="list-style-type: none"> 3.6 kg (8 pound)
Enclosure material	<ul style="list-style-type: none"> Aluminum, die-cast
Mounting options	<ul style="list-style-type: none"> Wall and pole mount
Operating temperature range	<ul style="list-style-type: none"> -40 to 158° F (-40 to 70° C) without solar load
Operating humidity	<ul style="list-style-type: none"> 5 to 95%, noncondensing
Altitude	<ul style="list-style-type: none"> Operational: 13,800 feet (4,206 meters) Nonoperational: 15,000 feet (4,572 meters)
Wind resistance	<ul style="list-style-type: none"> Up to 100 mph (sustained) Up to 165 mph (gusts)
Thermal cooling	<ul style="list-style-type: none"> Passive (fan-less)
Compute and Storage	
CPU	<ul style="list-style-type: none"> 1.33 GHz, single core
Memory	<ul style="list-style-type: none"> 1 GB DDR4 RAM
Flash memory	<ul style="list-style-type: none"> 4 GB
Interfaces and Controls	
Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> 1x 10/100 Mbps Fast Ethernet (RJ-45) Support for PoE+ (802.3at) PD
RF antenna connectors	<ul style="list-style-type: none"> Two extendable RF antennas, N-type
GPS antenna connector	<ul style="list-style-type: none"> One extendable GPS antenna, TNC
Console	<ul style="list-style-type: none"> 1x RJ-45

Specification	Description
USB	<ul style="list-style-type: none"> • 1x USB 2.0, type A connector
Reset button	<ul style="list-style-type: none"> • Push to reboot system or for factory default recovery
Power	
Power input options	<ul style="list-style-type: none"> • PoE+, 802.3at • DC-In, 48 VDC, 0.7 A
Power consumption	<ul style="list-style-type: none"> • 30 Watts maximum
Ground	<ul style="list-style-type: none"> • 1x ground connector
GPS	
Built-in GPS	<ul style="list-style-type: none"> • High-sensitivity GNSS module • GPS L1C/A, QZSS L1C/A, SBAS L1C/A, GLONASS L1OF, and Galileo E1B/C ready • Time pulse accuracy <20 ns (clear sky) • NMEA 0183, Version 4.0
LEDs	
System LED	<ul style="list-style-type: none"> • Off: Device not powered on • Red: Alarm • Green solid: System ready
Mode LED	<ul style="list-style-type: none"> • Off: The gateway operates as standalone unit • Green solid: The gateway operates as the radio interface of IR 807, 809, 829, CGR-1120 and 1240
Operating System	
Linux	<ul style="list-style-type: none"> • Version 4.4.52
Device Manufacturing Security	
ACT2	<ul style="list-style-type: none"> • Cisco Anti-Counterfeit Technology, 2nd Generation

Table 4. Product performance specifications

Specification	Description
Sensitivity	
Receiver sensitivity	<ul style="list-style-type: none"> • Up to -139.5 dBm
Output Power	
IXM-LPWA-800-16-K9	<ul style="list-style-type: none"> • For the 868 MHz ISM band in Europe, supports up to +27 dBm Effective Radiated Power (ERP) on the high-power channel at 869.525 MHz and +14 dBm at other channels, complying with EN 300 220-2

IXM-LPWA-900-16-K9	<ul style="list-style-type: none"> For the 915 MHz ISM band in USA, supports up to +30 dBm conducted output power with 6 dBi gain antenna, complying with FCC 15.247 DTS rules
--------------------	---

Table 5. Product certification and compliance

Specification	Applicable Regions
Safety	
IEC 60950-1	• INTL
EN 60950-1	• EU
UL 60950-1	• USA
EN 50385	• EU
CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1	• Canada
CAN/CSA-C22.2 No. 60950-22	• Canada
UL 60950-22	• USA
RSS-102	• Canada
FCC Part 2	• USA
IEC 60529	• INTL
EMC Emission	
FCC Part 15 Class A	• USA
EN 55032 Class A	• EU
ICES-003	• Canada
CISPR 32	• Australia and New Zealand
VCCI Class A	• Japan
EMC Immunity	
EN 55024	• EU
EN 301 489-1/-3	• EU
Radio	
EN 300 220-2	• EU
EN 300 440-2	• EU
AS/NZS 4268	• Australia and New Zealand

Specification	Applicable Regions
FCC Part 15.247	• USA
RSS-247	• Canada
ARIB STD-T108	• Japan

Table 6. Product RF antenna specifications

Specification	Applicable Regions
ANT-LPWA-DB-O-N	<ul style="list-style-type: none"> • Type: Omnidirectional • Operating frequency range: 863 - 928 MHz • Gain: 6 dBi • Environmental: Outdoor, IP67 rated • Operating temperature range: -40 to 158°F (-40 to 70° C) • Mounting: Wall and pole • Impedance: 50 Ohms • VSWR: 1.5 • Half power beam width: H:360°, V:25° • Polarization: Vertical • Weight: 298 g (not including the mounting kit) • Height: 795 mm • Diameter: 23 mm (mounted part) and 22 mm (body part) • Lighting protection: DC grounded • Connector: Type N Female • Wind resistance sustained: Up to 100 mph • Wind resistance gusts: Up to 165 mph
ANT-LPWA-DB-O-N-5	<ul style="list-style-type: none"> • Type: Omnidirectional • Operating frequency range: 863 - 928 MHz • Gain: 5 dBi • Environmental: Outdoor, IP67 rated • Operating temperature range: -40 to 158°F (-40 to 70° C) • Mounting: Wall and pole • Impedance: 50 Ohms • VSWR: 1.5 • Half power beam width: H:360°, V:30° • Polarization: Vertical • Weight: 790 g (not including the mounting kit) • Height: 692 mm • Diameter: 33 mm (mounted part) and 25 mm (body part) • Lighting protection: DC grounded • Connector: Type N Female • Wind resistance sustained: Up to 100 mph • Wind resistance gusts: Up to 165 mph • Datasheet specs URL:https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/routers/connectedgrid/antennas/installing-combined/industrial-routers-and-industrial-wireless-antenna-guide/ANT-LPWA-DB-O-N-5.pdf

Specification	Applicable Regions
ANT-WPAN-OM-OUT-N	<ul style="list-style-type: none"> • Type: Omnidirectional • Operating frequency range: 902 - 928 MHz • Gain: 4 dBi • Environmental: Outdoor • Operating temperature range: -40 to 185° F (-40 to 85° C) • Mounting: Wall and pole • Impedance: 50 ohms • VSWR: 1.5 • Half power beam width: H:360° , V:30° • Polarization: Vertical, liner • Weight: 680 g (not including the mounting kit) • Height: 591 mm • Connector: Type N Female • Datasheet specs URL:https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/routers/connectedgrid/antennas/installing-combined/industrial-routers-and-industrial-wireless-antenna-guide/ANT-WPAN-OM-OUT-N.pdf
ANT-WPAN-OD-OUT-N	<ul style="list-style-type: none"> • Type: Omnidirectional • Operating frequency range: 863 - 928 MHz • Gain: 1.5 dBi • Environmental: Outdoor and indoor • Operating temperature range: -40 to 185° F (-40 to 85° C) • Mounting: Direct chassis or bulkhead mount • Impedance: 50 ohms • VSWR: 1.5 • Half power beam width: H:360° , V:30° • Polarization: Vertical, liner • Weight: 120 g • Height: 20 mm • Connector: Type N Male • Datasheet specs URL:https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/routers/connectedgrid/antennas/installing-combined/industrial-routers-and-industrial-wireless-antenna-guide/ANT-WPAN-OD-OUT-N.pdf

Table 7. GPS antenna specifications

Specification	Applicable Regions
ANT-GPS-OUT-TNC	<ul style="list-style-type: none"> • Type: Patch, active • Environmental: Outdoor • Height: 3.2 in. (8.13 cm) • Width (maximum, at base):1.75 in. (4.45 cm) • Operating frequency range: 1,575.42 MHz • Impedance: 50 ohms, nominal • VSWR: 2.0 maximum in band • Gain: 4 dBi • Minimum gain: 1 dBi @ 10-degrees elevation • Pattern type: Hemispherical • Polarization: Circular RHCP

- LNA gain: 25 dB +/-2 dB, DC voltage: 3 to 5 VDC
- Out-of-band attenuation: 60 dB minimum at 1575 +/- 50 MHz
- Current draw: 20 mA maximum @ 3.3 VDC +/- 0.3 VDC
- Operating temperature: -40 to 185°F (- 40 to 85°C)
- Connector: Right-angle MCX (male)
- Wind-speed rating: 165 mph
- Compliance: ROHS

Ordering information

Table 8 provides ordering information for the Cisco LoRaWAN Gateway and associated accessories.

Table 8. Ordering information

Part number	Product Description	Note
Base Unit		
IXM-LPWA-800-16-K9	Cisco wireless gateway for LoRaWAN, operates on the frequency subset of 863 - 870 MHz ISM band, applicable to LoRaWAN regional profile for Europe, Middle East, Africa and India	
IXM-LPWA-900-16-K9	Cisco wireless gateway for LoRaWAN, operates on the frequency subset of 902 - 928 MHz ISM band, applicable to LoRaWAN regional profile for Americas, Asia (not for India and China) and Pacific	
Mount Kit		
AIR-ACC1530-PMK1	Pole/Wall Mount Kit	1 per base unit
ACC-LPWA-HDWR-KIT	Cable gland and grounding lug	1 per base unit
RF Antenna		
ANT-LPWA-DB-O-N	Outdoor omni-antenna, operates on 863-928 MHz, 6 dBi, type N female connector	1 or 2 per base unit
ANT-LPWA-DB-O-N-5	Outdoor omni-antenna, operates on 863-928 MHz, 5 dBi, type N female connector	1 or 2 per base unit
ANT-WPAN-OD-OUT-N	Outdoor/indoor omni-antenna, operates on 863-928 MHz, 1.5 dBi, type N male connector	1 per base unit
ANT-WPAN-OM-OUT-N	Outdoor omni-antenna, single-band 902-928 MHz, 4 dBi, type N female connector	1 or 2 per base unit
GPS Antenna		
ANT-GPS-OUT-TNC	Outdoor GPS antenna with integrated 15-ft cable, type TNC connector	1 per base unit

Software and License		
SW-IXM-LPWA-K9	Cisco software for LoRaWAN gateway	1 per base unit
L-IOTFND-LORAWAN	Cisco IOT Field Network Director (FND) license to manage the LoRaWAN gateway	1 per base unit

Cisco Capital financing helps you achieve your objectives

Cisco Capital™ financing can help you acquire the technology you need to achieve your objectives and stay competitive. We can help you reduce Capital Expenditures (CapEx), accelerate your growth, and optimize your investment dollars and ROI. Cisco Capital financing gives you flexibility in acquiring hardware, software, services, and complementary third-party equipment. And there's just one predictable payment. Cisco Capital financing is available in more than 100 countries. Learn more.

For more information

For more information about the Cisco wireless gateway for LoRaWAN, please visit <https://www.cisco.com/go/lorawan> or contact your local Cisco account representative.

Cisco and partner services for the Enterprise Networks Architecture

Enable the Cisco Enterprise Networks Architecture and the business solutions that run on it with intelligent, personalized services from Cisco and our partners. Backed by comprehensive networking expertise and a broad ecosystem of partners, these services can help you plan, build, and run a network that enables you to expand geographically, embrace new business models, and promote business innovation. Whether you are looking to transition to a Cisco ONE Enterprise Networks Architecture, solve specific business problems, or improve operational efficiency, we have a service that can help you get the most from your IT environment. For more information, visit <https://www.cisco.com/go/services>.

Warranty coverage and technical service options

The Cisco wireless gateway for LoRaWAN comes with 5-year limited hardware warranty. Adding a contract for a technical service offering, such as Cisco SMARTnet® Service, provides additional benefits not available with the warranty, including access to operating system updates, Cisco.com online resources, and Cisco Technical Assistance Center (TAC) support services. Table 9 shows the available technical services.

For information about Cisco warranties, visit <https://www.cisco.com/go/warranty>.

For information about Cisco Technical Services, visit <https://www.cisco.com/go/ts>.

Table 9. Cisco services and support programs

Service and Support	Features
Cisco SMARTnet Service	<ul style="list-style-type: none"> • Global access to the Cisco TAC 24 hours a day • Unrestricted access to the extensive Cisco.com resources, communities, and tools • Next-business-day, 8 x 5 x 4, 24 x 7 x 4, and 24 x 7 x 2 advance hardware replacement¹ and onsite parts replacement and installation available • Ongoing operating system software updates within the licensed feature set² • Proactive diagnostics and real-time alerts on Cisco Smart Call Home-enabled devices
	<ul style="list-style-type: none"> • Next-business-day advance hardware replacement as available

**Cisco Smart
Foundation
Service**

- Business-hours access to Small and Medium-sized Business (SMB) Cisco TAC (access levels vary by region)
- Access to Cisco.com SMB knowledge base
- Online technical resources through Smart Foundation Portal
- OS software bug fixes and patches

¹ Advance hardware replacement is available in various service-level combinations. For example, 8 x 5 x NBD indicates that shipment will be initiated during the standard 8-hour business day, 5 days a week (the generally accepted business days within the relevant region), with NBD delivery. Where NBD is not available, same-day shipping is provided. Restrictions apply; review the appropriate service descriptions for details.

² Cisco operating system updates include the following: maintenance releases, minor updates, and major updates within the licensed feature set.

The LoRa name and associated logo are trademarks of Semtech Corporation or its subsidiaries.

Semtech, the Semtech logo and LoRa are registered trademarks of Semtech Corporation.

LoRaWAN is a trademark of Semtech Corporation.

^{1 1} Available from third-party antenna vendors

© 2018 Cisco and/or its affiliates. All rights reserved.

10.4 Anexo 4 - Ficha Técnica – Cisco Outdoor 5dBi Omni Antenna



Cisco Outdoor 5dBi Omni Antenna for 863–928 MHz WPAN, LoRaWan, and ISM (ANT-LPWA-DB-O-N-5)

This document describes the 5dBi Outdoor Omni-directional Antenna for the Cisco WPAN, LoRaWan, ISM modules and routers operating in frequency ranges between 863–928MHz, such as 863–876 MHz ETSI, or 902–928 MHz ISM bands. In addition, this document provides the antenna specifications and mounting instructions for the antenna.

CAUTION: Read the information in [Safety Warnings](#) before installing or replacing antennas.

This chapter covers the following topics:

- [Technical Specifications](#)
- [Antenna Installation](#)
- [Antenna Radiation Patterns](#)
- [Safety Warnings](#)
- [Obtaining Documentation and Submitting a Service Request](#)

Technical Specifications

The Outdoor Omni-directional Antenna features the following:

- UV-resistant fiberglass radome
- Heavy duty mounting bracket
- Gold anodized sleeve and top cap with N (female) connector
- DC-grounded for ESD protection

NOTE: Antenna data sheets often claim lightning protection, while in reality only providing a DC ground path for ESD protection. Cisco recommends use of a lightning arrestor for all antennas potentially exposed to lightning strikes.

Figure 1 Outdoor Omni-directional Antenna



Specifications

Table 1 provides RF and Mechanical Specification.

Table 1 Specifications

Specification	Description	
Frequency Bands	863-876 MHz	902-928 MHz
Peak Gain (dBi) Typical	5.2 dBi	5.4 dBi
Peak Gain (dBi) Max	5.3 dBi	5.6 dBi
Efficiency	74%-81%	75%-83%
VSWR (Avg)	1.5:1	1.5:1
VSWR (Max)	1.65:1	1.65:1
Azimuth 3 dB Beam width	360°	360°

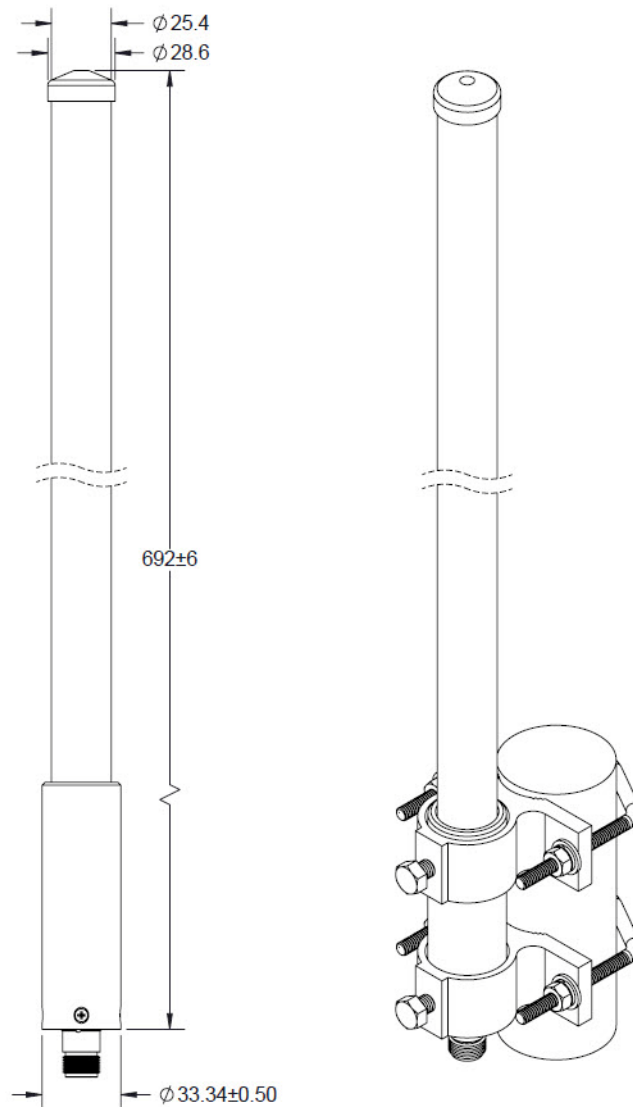
Specification	Description	
Elevation 3 dB Beam width	28° -30°	27° -29°
Azimuth Ripple (Max), dB	0.6	0.8
Nominal Impedance	50 Ohms	
Polarization	Vertical	
Anti-Static Protection	DC Grounded	
Max Power (Ambient 25° C)	10 Watts	
Antenna Dimension (H x Diameter)	692 x 33.3 mm (27.2" x 1.3")	
Connector	Type N Female	
Weight	0.79 kg (1.7 lbs)	
Antenna Color	White	
Radome	Fiberglass	
Wind Operational	161 km/h (100 mph)	
Wind Survival	266 km/h (165 mph)	
Operating Temperature	-40° C to +70° C (-40° F to +158° F)	
Storage Temperature	-40° C to +85° C (-40° F to +185° F)	
Ingression Protection	IP67	
Material Substance Compliance	RoHS	
Environmental Testing	Antenna passed extensive environmental and mechanical tests appropriate for mast mount applications.	

NOTE: Antenna must be mounted vertically to obtain omni-directional coverage horizontally. Please see antenna radiation pattern.

Dimensions

Figure 2 shows the Antenna Dimensions.

Figure 2 Dimensions



NOTE: Antenna dimensions are shown in Millimeters.

Antenna Installation

The antenna installation includes the following procedures:

- [Tools and Equipment Required](#)
- [Mounting Components](#)

Tools and Equipment Required

In addition to the parts included in the antenna kit, you must provide the following tools to install the antenna on the router:

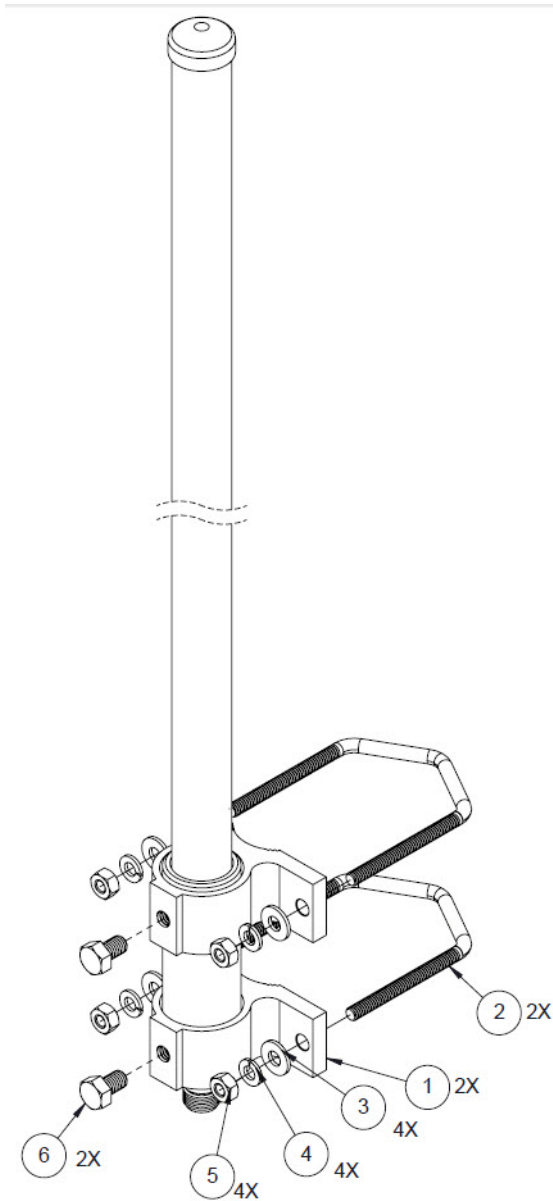
- 1/2" & 7/16" open-end wrench

NOTE: This list does not include the tools and equipment required to assemble and erect the tower, mast, or other structure you intend to mount your antenna on.

Mounting Components

The antenna can be mounted on a 1-1/2" to 2-1/2" (3.81 to 6.35 cm) pole, extension arm, or mast:

Figure 3 Antenna Mounting Components



Item Number	Description	Quantity
1	External Bracket, AL, FOR FM2	2
2	V-Bolt Clamp, 1/4-20, ST, NF Fits a 1-1/2" to 2-1/2" (3.81 to 6.35 cm) pole.	2
3	Flat Washer, 1/4in, SS, PA	4
4	Split-lock Washer, 1/4	4
5	Hex Nut, [1/4-20], SS, PA	4
6	Hex Bolt, 5/16-18x1/2, SS, NF	2

Antenna Radiation Patterns

The following sequence of illustrations show the different antenna radiation patterns. The azimuth radiation plane is shown on the left, and elevation plane pattern is shown on the right.

Figure 4 863 MHz Radiation Pattern

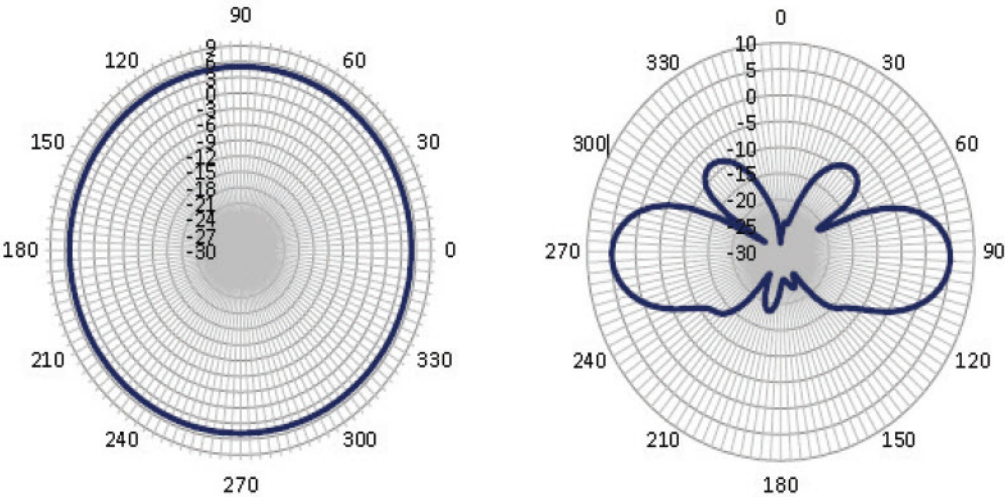


Figure 5 869 MHz Radiation Pattern

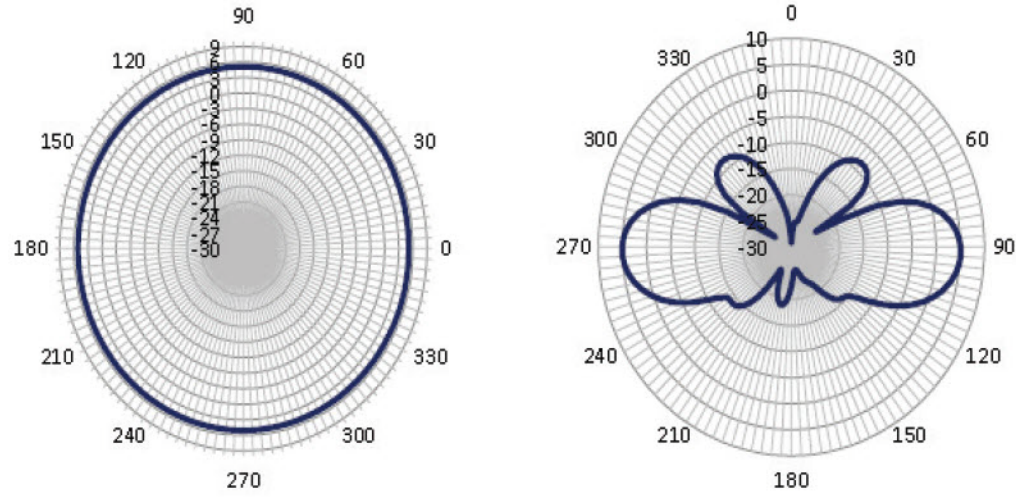


Figure 6 876 MHz Radiation Pattern

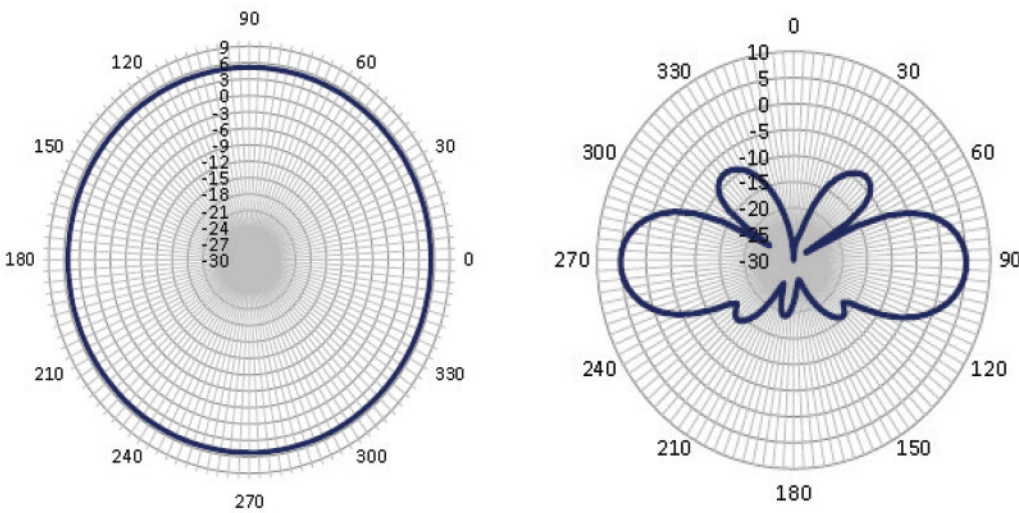


Figure 7 902 MHz Radiation Pattern

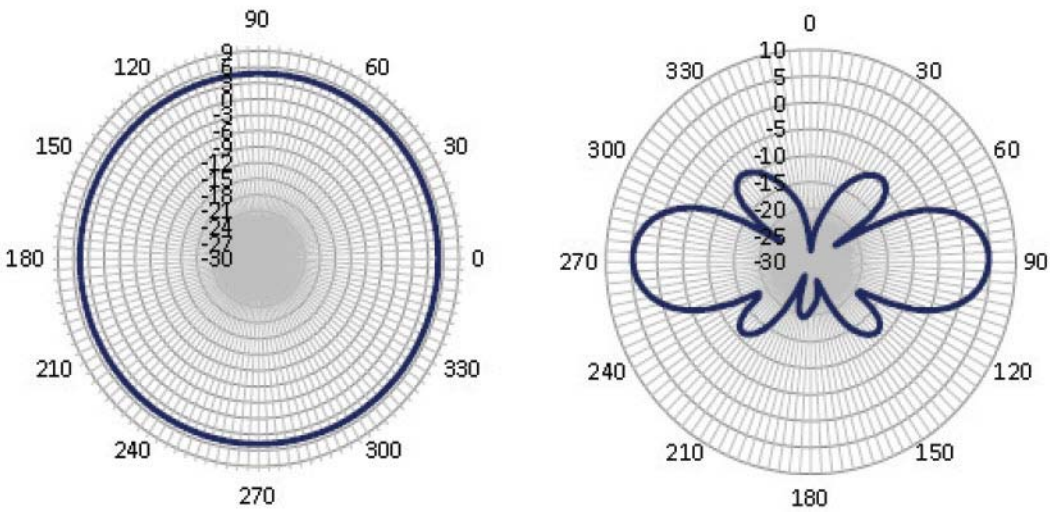


Figure 8 914 MHz Radiation Pattern

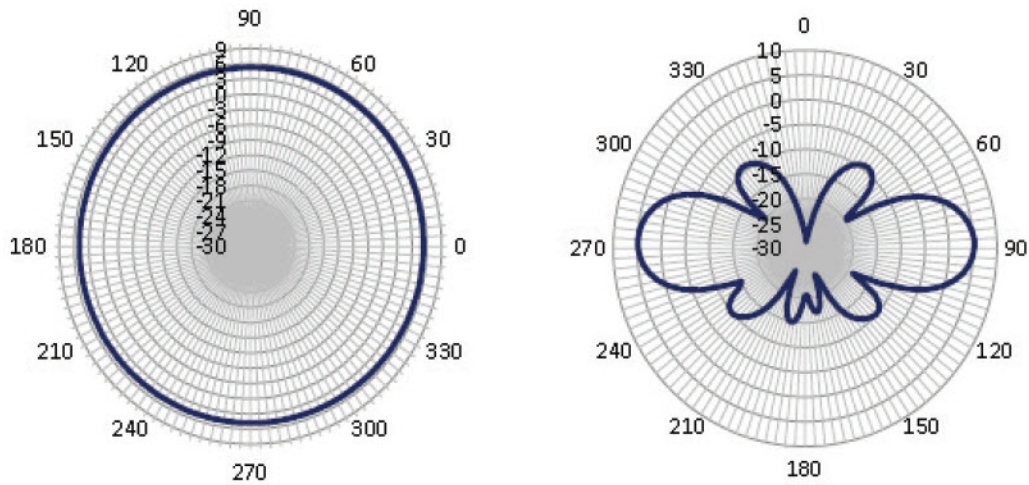
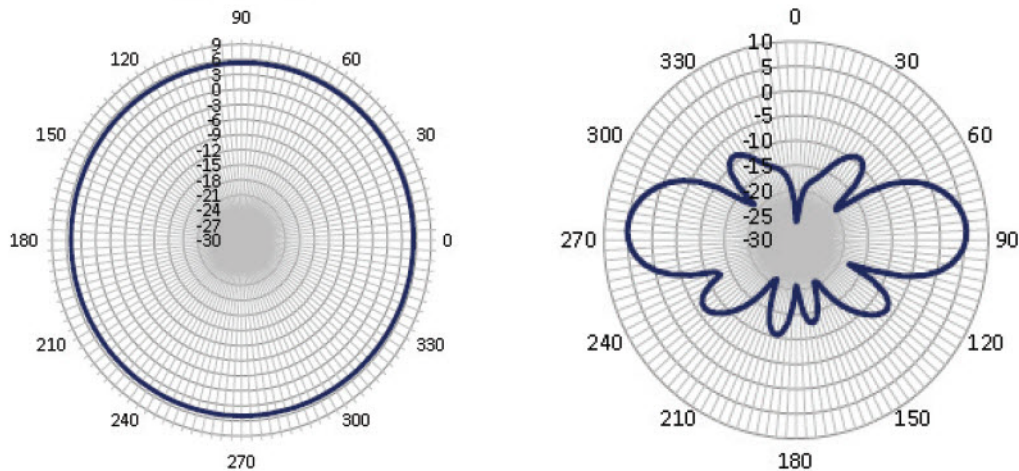


Figure 9 928 MHz Radiation Pattern



Safety Warnings

WARNING: Avoid using or servicing any equipment that has outdoor connections during an electrical storm. There may be a risk of electric shock from lightning. Statement 1088

WARNING: Do not work on the system, or connect or disconnect cables, during periods of lightning activity. Statement 1001

WARNING: Do not locate the outdoor antenna near overhead power lines or other electric light or power circuits, or where it can come into contact with such circuits. When installing the antenna, take extreme care not to come into contact with such circuits, as they may cause serious injury or death. For proper installation and grounding of the antenna, please refer to national and local codes (for example, U.S.:NFPA 70, National Electrical Code, Article 810, Canada:Canadian Electrical Code, Section 54). Statement 1052

WARNING: This equipment must be grounded. Never defeat the ground conductor or operate the equipment in the absence of a suitably installed ground conductor. Contact the appropriate electrical inspection authority or an electrician if you are uncertain that suitable grounding is available. Statement 1024

WARNING: Only trained and qualified personnel should be allowed to install, replace, or service this equipment. Statement 1030

WARNING: To report a gas leak, do not use a telephone in the vicinity of the leak. Statement 1039

WARNING: This warning symbol means danger. You are in a situation that could cause bodily injury. Before you work on any equipment, be aware of the hazards involved with electrical circuitry and be familiar with standard practices for preventing accidents. Use the statement number provided at the end of each warning to locate its translation in the translated safety warnings that accompanied this device. Statement 1071. **SAVE THESE INSTRUCTIONS.**

WARNING: This product is not intended to be directly connected to the Cable Distribution System. Additional regulatory compliance and legal requirements may apply for direct connection to the Cable Distribution System. This product may connect to the Cable Distribution System **ONLY** through a device that is approved for direct connection. Statement 1078

Safety Precautions

WARNING: Installation of this antenna near power lines is dangerous. For your safety, follow the installation directions.

Each year hundreds of people are killed or injured when attempting to install an antenna. In many of these cases, the victim was aware of the danger of electrocution, but did not take adequate steps to avoid the hazard.

For your safety, and to help you achieve a good installation, please read and follow these safety precautions. **They may save your life!**

For your safety, read and follow these safety precautions.

- If you are installing an antenna for the first time, for your own safety as well as others, seek professional assistance. Your Cisco sales representative can explain which mounting method to use for the size and type antenna you are about to install.
- Before you install an antenna, contact your Cisco account representative to explain which mounting method to use for the size and type of antenna that you are about to install.
- Find someone to help you—installing an antenna is often a two-person job.
- Select your installation site with safety, as well as performance, in mind. Remember that electric power lines and phone lines look alike. For your safety, assume that any overhead line can kill you.
- Contact your electric power company. Tell them your plans and ask them to come look at your proposed installation.
- Plan your installation carefully and completely before you begin. Each person involved in an installation should be assigned to a specific task, and should know what to do and when to do it. One person should be in charge of the operation to issue instructions and watch for signs of trouble.
- When installing your antenna, follow these guidelines:
 - Do not use a metal ladder.
 - Do not work on a wet or windy day.
 - Do dress properly—wear shoes with rubber soles and heels, rubber gloves, and a long-sleeved shirt or jacket.
- If the assembly starts to drop, move away from it and let it fall. Because the antenna, mast, cable, and metal guy wires are all excellent conductors of electrical current, even the slightest touch of any of these parts to a power line completes an electrical path through the antenna and the installer.
- If any part of the antenna system should come in contact with a power line, do not touch it or try to remove it yourself. Call your local power company to have it removed safely.
- If an accident should occur with the power lines, call for qualified emergency help immediately.

Obtaining Documentation and Submitting a Service Request

For information on obtaining documentation, submitting a service request, and gathering additional information, see the monthly *What's New in Cisco Product Documentation*, which also lists all new and revised Cisco technical documentation, at:

<http://www.cisco.com/en/US/docs/general/whatsnew/whatsnew.html>

Subscribe to the *What's New in Cisco Product Documentation* as an RSS (Really Simple Syndication) feed, and set it so content is delivered directly to your desktop using a reader application. The RSS feeds are a free service and Cisco currently supports RSS Version 2.0.

Cisco and the Cisco Logo are trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the U.S. and other countries. A listing of Cisco's trademarks can be found at www.cisco.com/go/trademarks. Third party trademarks mentioned are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (1005R)

10.5 Anexo 5 – Política Ambiental da Câmara Municipal de Setúbal



POLÍTICAS AMBIENTE CONCELHO DE SETÚBAL

A visão do Município de Setúbal para o desenvolvimento do Concelho está assente em três pilares perfeitamente identificados como prioritários ao longo dos últimos anos de gestão participada do executivo municipal, sendo estes “Mais Cidade, Mais Rio, Mais Trabalho”.

Mais Rio porque o Sado é um elemento essencial na vida e no desenvolvimento do nosso território e transversal às suas múltiplas expressões, das atividades económicas ao lazer, da vida social à relação e projeção de Setúbal no mundo; depois, Mais Cidade, entendendo-se de modo amplo como urbanidade, congregando todos os cidadãos e núcleos urbanos do concelho e as diversas áreas de intervenção relacionadas com os múltiplos aspetos que concorrem para a qualidade de vida das comunidades; finalmente, Mais Trabalho, linha que se refere valor intrínseco do trabalho e a tudo o que comporta, desde a criação de emprego à sua qualificação, do incremento das atividades económicas à sua diversificação, do planeamento territorial à defesa dos valores ambientais. O Ambiente, Qualidade de Vida e Desenvolvimento Sustentável constituem no conjunto, um dos sectores prioritários com vista a atingir os objetivos propostos.

Com vista à materialização destes objectivos, a Câmara Municipal de Setúbal, propõe-se a implementar e a continuar a desenvolver um conjunto de projetos, que terão como objetivo comum final um desenvolvimento sustentado do concelho, preservando a qualidade ambiental e assegurando a qualidade de vida as populações. Esses objetivos estão a curto, médio e longo prazo, suportados nas seguintes linhas de ação em desenvolvimento:

1. **Estratégia e Valorização Ambiental**
2. **Educação Ambiental**
3. **Salubridade e Limpeza Pública**
4. **Qualificação de Espaços Urbanos e Espaços Verdes**
5. **Qualidade do Abastecimento e Drenagem de Águas Residuais de Água**
6. **Eficiência Energética e Qualidade da Iluminação Pública**
7. **Ruído e Qualidade do Ar**

1. Projectos de Estratégia e Valorização Ambiental

- Desenvolvimento do Plano Estratégico Ambiental

- Adesão ao Pacto de Autarcas e desenvolvimento do Plano de Ação para a Energia Sustentável do Município de Setúbal em parceria com a Agência de Energia e Ambiente da Arrábida (ENA).
- Desenvolvimento da Agenda 21 Local
- Promoção e preservação das áreas naturais do concelho, nomeadamente, Parque Natural da Arrábida e Reserva Natural do Estuário do Sado
- Desenvolvimento do Observatório do Ambiente
- Constituição do Conselho Municipal de Cinegética
- Manutenção do Galardão Bandeira Azul da ABAE
- Manutenção do Galardão Praia Acessível do IRN

2. EDUCAÇÃO Ambiental

- Desenvolvimento do Plano Anual de Educação Ambiental
- Continuação do desenvolvimento da Campanha de Informação e Sensibilização Ambiental
- Candidatura ao Galardão ECO XXI
- Continuação da promoção do Programa Eco-Escolas da ABAE
- Continuação do desenvolvimento do Plano de Atividades com a ENA – Agência de Ambiente e Energia da Arrábida
- Implementação do Jardim das Energias
- Continuação do desenvolvimento projeto “Mar Pedagógico”
- Continuação do desenvolvimento da vertente ambiental do Projeto “Nosso Bairro Nossa Cidade”
- Criação dos Sites do Ambiente
- Lançamento do Guia de Boas Práticas Ambientais
- Produção do Roteiro Ambiental do Concelho de Setúbal
- Cooperação com as entidades locais nas atividades de educação para a Sustentabilidade Ambiental

3. SALUBRIDADE E LIMPEZA PÚBLICA

- Desenvolvimento do Plano Integrado de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Setúbal
- Continuação da promoção da recolha seletiva, intensificando a rede de ecopontos no Concelho e promovendo as políticas de Redução, Reutilização e Reciclagem
- Monitorização e gestão da Rede Municipal de Óleos Alimentares Usados
- Continuação da promoção Dia da Adoção pelo Canil Municipal
- Desenvolvimento do estudo para a implementação do Abrigo para canídeos e gatídeos
- Implementação do Crematório e Forno Pirolítico do Concelho de Setúbal

4. Projetos e propostas na área da requalificação de espaços urbanos e espaços verdes

- Consolidar a malha de Parques e Jardins da Cidade
- Implementação do Parque Urbano da Várzea
- Requalificação da Zona Ribeirinha, nomeadamente a Praia da Saúde
- Ampliação da rede municipal de Hortas Urbanas
- Continuação do desenvolvimento do Plano Municipal de Plantação e Substituição de Árvores
- Continuação da promoção da Gestão Sustentável da Água destinada à Rega
- Requalificação de espaços públicos através da construção de novos espaços verdes

5. Projetos e propostas na área da qualidade da água e drenagem de águas residuais

- Renegociação do contrato de concessão com a Águas do Sado SA
- Continuação do desenvolvimento do Sistema Intermunicipal de Abastecimento de Água em Alta da Península de Setúbal
- Desenvolvimento do Observatório da Água da Região de Setúbal
- Desenvolvimento do Projeto de reutilização da água da ETAR para rega de espaços verdes e lavagem de arruamentos
- Monitorização e alargamento da rede de distribuição de água
- Remodelação e ampliação da rede de drenagem de águas residuais
- Reforço da capacidade de resposta da rede de drenagem pluvial

6. Eficiência energética e iluminação pública

- Produção da Matriz energética do Município
- Desenvolvimento de Plano Municipal de Eficiência Energética
- Continuação da renovação da iluminação dos bairros históricos e principais arruamentos da cidade, promovendo a poupança no consumo de energia elétrica.

- Continuação da substituição das lâmpadas dos semáforos por LED
- Continuação da realização de auditorias energéticas aos edifícios municipais com vista à redução dos consumos, em parceria com a ENA
- Instalação de equipamentos para prevenção da energia reativa

7. Ruído e qualidade do ar

- Conclusão do desenvolvimento da Carta de Ruído do Concelho de Setúbal
- Desenvolvimento de ações e projetos que visem a melhoria da qualidade do ar.



[_ \(HTTP://AMBIENTE-SETUBAL.PT/CONTATE-NOS/\)](http://ambiente-setubal.pt/contate-nos/) [CONTACTE-NOS](mailto:contacte-nos@ambiente-setubal.pt)

[\(HTTP://AMBIENTE-SETUBAL.PT/CONTATE-NOS/\)](http://ambiente-setubal.pt/contate-nos/)

POWERED BY [N4108 \(//N4108.COM\)](http://N4108.COM)